

9384

Bibl. Jagi.

III







PISMA

MARJANA SMOLUCHOWSKIEGO

WYDANE Z POLECENIA

POLSKIEJ AKADEMJI UMIEJĘTNOŚCI

OEUVRES

DE MARIE SMOLUCHOWSKI

PUBLIÉES SOUS LES AUSPICES DE

L'ACADÉMIE POLONAISE  
DES SCIENCES ET DES LETTRES

Bibl. Jag.

TCM TEZECI — TCME TICKE TTE

*nie wiem  
Co tu stoi*

CRACOVIE

ACADÉMIE POLONAISE DES  
SCIENCES ET DES LETTRES

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE  
CH. BÉRANGER



## Prace Komisji Etnograficznej.

Nr. 1. — Zaborski B. O kształtach wsi w Polsce i ich rozmieszczeniu (z ryc. i mapą)	7—
Nr. 2. — Kubijowicz Włodz. Życie pasterskie w Beskidach górskich (z ryc. i map.)	6—
Nr. 3. — Lilientalowa R. Dziecko żydowskie (z ryc. i tabl.)	6—
Nr. 4. — Ciszewski St. Żeńska twarz	1 20
Nr. 5. — Zamki drewniane przy drzwiach (39 tabl. i mapa)	6—
Nr. 6. — Seweryn T. Z żywym kurkiem po dyngusie	3 60
Nr. 7. — Pietkiewicz Cz. Łolesie Rzeczyckie. Materiały etnograficzne. Część I. Kultura materialna (z 291 ryc.)	12—

## Podręczniki:

### Serja I.

Benni T., Łoś J., Nitsch K., Rozwadowski J., Ułaszyn H. Gramatyka języka polskiego	12—
Łoś J. Pisownia polska. Przepisy. Słowniczek. Wydanie VIII poprawione i rozszerzone	2—
Morawski K. Zarys literatury rzymskiej	6—
Witkowski St. Historjografia grecka i nauki pokrewne. Tom I.	9—
— Historjografia grecka i nauki pokrewne. Tom II.	9—
— Historjografia grecka i nauki pokrewne. Tom III.	20—
Zieliński T. Tragodumenon libri tres	10—

### Serja II.

Adametz L. Hodowla ogólna zwierząt domowych z niemieckiego rękopisu przełożył Zdz. Zabielski	12—
Anatomja człowieka, tom IV, część II, opracował prof. E. Loth, prof. Fr. Krzyształowicz, prof. K. Majewski	12—
Anatomja człowieka, tom IV, część III (Ucho) w opracowaniu prof. J. Markowskiego (w druku)	
Bochenek A. Anatomja człowieka, tom I, oprawny	14—
Bochenek A. i Ciechanowski St. Anatomja człowieka, tom II	12—
Bochenek A. i Ciechanowski St. Anatomja człowieka, tom III (w druku)	20—
Hoyer H. Anatomja porównawcza zwierząt domowych (z licznymi rycinami)	16—
Klecki K. Patologja ogólna. Tom I.	30—
Kozak J. i Orzelski T. Ćwiczenia z zakresu chemji ogólnej (z rycinami)	7—
Marchlewski L. Podręcznik do badań fizjologiczno-chemicznych	12—
Maziarski St. Podręcznik do ćwiczeń histologicznych	9—
Oszacki A. Choroby przemiany materji i energii u człowieka. Podstawy nauki o metabolizmie. Fizjopatologja tycia i chudnięcia. Kliniczne postaci wotyłości i chudości	15—
Pisarski Tadeusz. Kamienie moczowe. Ich budowa i mechanizm powstawania	6—
Rosenblatt A. Geometria analityczna na płaszczyźnie (z rycinami)	12—



## LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER

### F. TAKABEYA. — Pièces encastrées aux deux extrémités.

Étude des pièces encastrées aux deux extrémités par considération spéciale de la force longitudinale. Notions générales. Pièce portant une charge continue, uniforme et complète, uniforme et partielle. Pièce portant une charge locale et fixe et au milieu de sa portée, par F. TakabeYA, professeur aux Universités Impériales de Hokkaido, Sapporo (Japon). Un volume in-8° raisin (16 × 25) de 94 pages, avec 48 figures dans le texte. Broché (25 fr.) . . . . . 28 fr.

### J. -A. -L. WADDELL. — Construction des ponts.

L'économie générale dans la construction des ponts. Principes économiques généraux. De l'économie générale dans la production des ponts. Variations des prix de main-d'œuvre et de matériaux. Économie générale comparative entre ponts et tunnels, comparée dans les traversées à grande ou à faible hauteur, comparative entre les structures en acier et celles en béton armé, entre les différents types de structures en acier ordinaire, des ponts rivés et des ponts à articulations, entre poutres continues et poutres non continues, entre les ponts à simples poutres et les ponts équilibrés, entre les ponts en cantilever et les ponts suspendus, dans les accès aux ponts. De la détermination des projets. De l'économie générale dans les charges et les efforts unitaires, en temps et en argent dans les estimatifs de ponts. Des longueurs économiques de travée. Économie générale des structures, des poutres, des tabliers et planchers, dans les projets et leurs détails, dans les projets au point de vue des ateliers et du montage, dans les ponts en béton armé, dans les ponts métalliques en arc, de l'acier dans les charpentes, viaducs et chemins de fer surélevés, dans les ponts cantilevers, dans les ponts suspendus, des travées mobiles de l'économie générale, dans les machines et la puissance motrice, du transbordeur, dans l'établissement des marchés, dans le travail des bureaux d'études, dans la surveillance, dans les ateliers, dans les chantiers, dans la fabrication du béton dans l'érection, l'entretien et les réparations des ponts, dans la protection du métal, de l'imperméabilisation, dans les ponts militaires, par J. A. L. Waddell, ingénieur conseil américain, membre de la Société Américaine des Ingénieurs civils et de la Société des Ingénieurs civils de France, correspondant de l'Institut. Traduit et adapté de l'anglais par L. G. André, ingénieur des Arts et Manufactures, E. C. P., professeur à l'École des Travaux Publics. Un volume in-8° raisin (16 × 25) de 564 pages, avec 74 figures dans le texte et 3 planches hors-texte. Relié (1.350 fr.) . . . . . 91 fr.

### E. LEROUX. — Cours d'Aéronautique.

*L'atmosphère et la résistance à l'air.* — Étude statique. Le vent. Les théories. L'explication. Résultats généraux de l'étude de la résistance de l'air. Représentation et valeur des résultats. Corps sans importance. Corps ayant une importance. *Les avions.* — Description et sommaire de l'avion. Étude aérodynamique des principaux régimes de vol de l'avion. Caractéristiques aérodynamiques de l'avion. Le vol horizontal rectiligne uniforme. Le vol plané. La montée. L'hélice aérienne. Généralités. Théories. Expérimentation. Résultats expérimentaux. Étude complète des principaux régimes du vol de l'avion. Le couple moteur. Le vol horizontal rectiligne uniforme. La montée. Le virage. La stabilité longitudinale, latérale, stabilité de route. Les gouvernes et les commandes. Le pilotage. Étude particulière de l'hydravion. Hydravion en vol et à flot. L'envol et l'amerrissage. Notions sommaires sur la construction des avions. Les matériaux. Principaux éléments constitutifs de l'avion. Essais statiques. Le moteur d'aviation. Particularités de fonctionnement du moteur d'aviation. Description du moteur et de ses principaux accessoires. Les dispositifs de conservation de puissance en altitude. Les essais en vol. Instruments de mesure et de contrôle. Établissement d'un avant-projet. *Les aérostats.* — Le ballon libre. Les dirigeables souples et semi-rigides. Les dirigeables rigides. Les ballons captifs, par E. Leroux, ingénieur du Génie Maritime (C. R.), ingénieur de 1<sup>re</sup> classe au Corps de l'Aéronautique, avec préface de G. Fortant, ingénieur général de la Marine (C. R.), inspecteur général au Corps de l'Aéronautique. Un volume in-8° raisin (16 × 25) de 382 pages, avec 166 figures dans le texte et 1 planche hors-texte. Relié . . . . . 66 fr.

### E. C. BLANC & E. C. ECKEL. — Le Ciment Portland.

Ciments Portland artificiels. Ciments de laitier. Ciments alumineux. Ciments hautes résistances. Matières premières. Matériel de fabrication. Ensemble d'usines. *Les matières premières.* — Le ciment Portland. Généralités. Étude et extraction des matières premières. Concassage. *Les mélanges.* — Calcul des dosages et préparation des mélanges. Généralités. Préparation des mélanges par voie sèche et humide. *La cuisson.* — Cuisson du ciment. Four fixe. Four rotatif. Historique. Principe du four rotatif. Thermo-chimie des fours à ciment. Combustibles. Étude et préparation. *Fabrication du ciment.* — Stockage et mouture du clinker. Additions de gypse. Stockage et manutention du produit fini. Production et répartition de la force motrice. Prix de revient. Contrôle de la fabrication. Ensemble d'usines. *Constitution et propriétés du ciment Portland.* — Constitution du ciment. Hydratation. Propriétés. Essais. Essais des ciments. Cahiers des charges. Ciments spéciaux et ciments alumineux fondus. Bibliographie, par E. C. Blanc, ingénieur A. M. en collaboration avec Edwin C. Eckel, ingénieur-conseil American Society of Civil Engineers, membre de la Geological Society of America. Préface de J. Hendrickx, ingénieur en chef des Établissements Poliet et Chausson. Un volume in-8° raisin (16 × 25) de 451 pages, avec 190 figures dans le texte et 4 planches hors-texte. Relié . . . . . 110 fr.

1 de  
Lp  
U du



# LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4,000,000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL: PARIS, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

Reg. du Commerce: Seine Nr 207.211 B — Compte Chèques postaux: PARIS Nr 185-34

Succursale à LIÈGE, 1 Quai de la Grande-Bretagne

## EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE

### W. KOPACZEWSKI. — L'état colloïdal et l'Industrie. I.

L'état colloïdal et l'industrie. — I. Industrie des colloïdes. État colloïdal de la matière. Historique. Chimie, physique et l'état colloïdal. Industrie des colloïdes naturels. Colloïdes inorganiques, silice, matières colorantes, pierres précieuses, argiles. Colloïdes organiques. Substances protéiques, gélatine, caséine, kératine, fibrine, séricine, albumine. Polysaccharides, amidon, dextrine. Caoutchouc. Cellulose. Mucilages. Gommés. Résines. Tannins. Pétroles. Bitumes. Matières colorantes. Humus. Industrie des colloïdes de synthèse. Colloïdes inorganiques artificiels, préparation des sols, application, produits pharmaceutiques, pierres de construction, pigments synthétiques, imitations de pierres précieuses, étude colloïdale des aciers et des alliages, catalyse, préparation des gels. Colloïdes organiques de synthèse, soie artificielle, matières colorantes artificielles, savons, résines artificielles, bakélite, matières plastiques de synthèse, celluloid, explosifs, tannins artificiels, synthèse de la nacre et des perles, par le Dr W. Kopaczewski, professeur à l'Institut des hautes études de Belgique, docteur en sciences, docteur en médecine. 1 vol. in-8° raisin (25 × 16) de 327 pages contenant 32 figures dans le texte et 4 portraits hors texte. Broché (650 gr.) 70 fr.

### W. KOPACZEWSKI. — L'état colloïdal et l'Industrie. II.

Applications industrielles des propriétés colloïdales. Applications des propriétés mécaniques des colloïdes. Séparations des micelles colloïdales. Catalyse et ses applications. Les applications des propriétés électriques des colloïdes. Sorption et ses applications. Electrophorèse. Conditions d'équilibre de l'état colloïdal. Stabilisation et labilisation des hydrosols. Gélification et synerèse des gels par le Dr W. Kopaczewski, professeur à l'Institut des hautes études de Belgique. Docteur en sciences. Docteur en médecine. Un vol. in-8° raisin (25 × 16) de 344 pages, avec 67 figures dans le texte. Broché 70 fr.

### J. TILLIEUX. — Essai d'un traité de Physique.

Essai d'un traité élémentaire de physique selon les théories modernes. Des hypothèses en physique. Divisibilité de la matière. La force. Le mouvement. Le travail et l'énergie. Le Pondérable. — Des mondes. Des corps en présence de la terre. Des corps terrestres. Des molécules. Statique et dynamique des molécules. Des atomes. Des corpuscules. Architecture des atomes. L'Impondérable. — Nature de l'éther. Tension, énergie, inertie, oscillations de l'éther. Tourbillons de l'éther, par J. Tillieux, directeur du collège du Sacre-Cœur, à Mechelen-sur-Meuse (Belgique). 3<sup>e</sup> édition entièrement refondue et mise à jour. 1 vol. in-8° raisin (16 × 26) de 960 pages avec 768 figures dans le texte, 12 planches hors texte et 7 planches en couleurs. Broché (1760 gr.) 112 fr.

### A. TENOT. — Cours de Résistance des matériaux.

Cours de résistance des matériaux à l'usage des élèves des établissements d'enseignement technique et des ingénieurs. Calcul des éléments de construction. Méthodes générales pour la recherche des caractéristiques mécaniques des matériaux.

Généralités. Les trois problèmes types fondamentaux de la résistance des matériaux. Rappel de quelques éléments de mécanique: système matériel et corps solide. Classification des forces. Efforts intérieurs dans un solide: effort normal et effort tangentiel. Fatigue de la matière. Élasticité. Charge limite admissible. Règle pratique de Wöhler. Traction ou tension; essai physique. Formule d'équarrissage et de déformation. Coefficient d'élasticité. Calcul des câbles, courroies et chaînes. Compression simple. État plastique des masses fortement comprimées. Cisaillement en glissement transversal. Calcul des rivures et d'un poinçon. Diverses applications de la traction, de la compression et du cisaillement. Efforts de «température». Généralités sur la flexion. Moments d'inertie. Module de flexion ou d'inertie. Moment fléchissant. Effort tranchant. Équation d'équarrissage et de déformation. Essais de flexion plane. Flexion simple et plane des pièces rectilignes hétérogènes: Béton armé. Calcul des pièces homogènes à la flexion simple et plane. Courbes de flexion et flèches. Torsion des pièces sensiblement rectilignes et cylindriques. Calcul des pièces soumises à la torsion. Torsion des prismes. Ressorts de torsion. Calcul des arbres de machines. Fatigues composées. Pièces chargées debout. Flambage. Essais dynamiques des matériaux. Résistance au choc. Essais d'endurance. Résistance à la pénétration. Bille de Brinell. Statique, graphique. Rôle de l'inertie de la matière. Théorie de l'élasticité. Unités des grandeurs mécaniques et électriques. Symboles. Équation aux dimensions, par A. Tenot, licencié en sciences, ingénieur des Arts et Métiers et de l'Institut Electrotechnique de Grenoble, ingénieur aux Ateliers Neyret, Reyher et P. P., à Grenoble, avec Préface de M. Roumajon, inspecteur général adjoint de l'Enseignement technique, directeur de l'École Yaucanson. Un volume in-8° raisin (16 × 26) de 593 pages, avec 366 figures dans le texte. Broché (1.300 gr.) 106 fr.



[35]

Tom III

3

1928

MARYAN SMOLUCHOWSKI

# LORD KELVIN

~~XXXVIII~~

No 1



S. 1-15

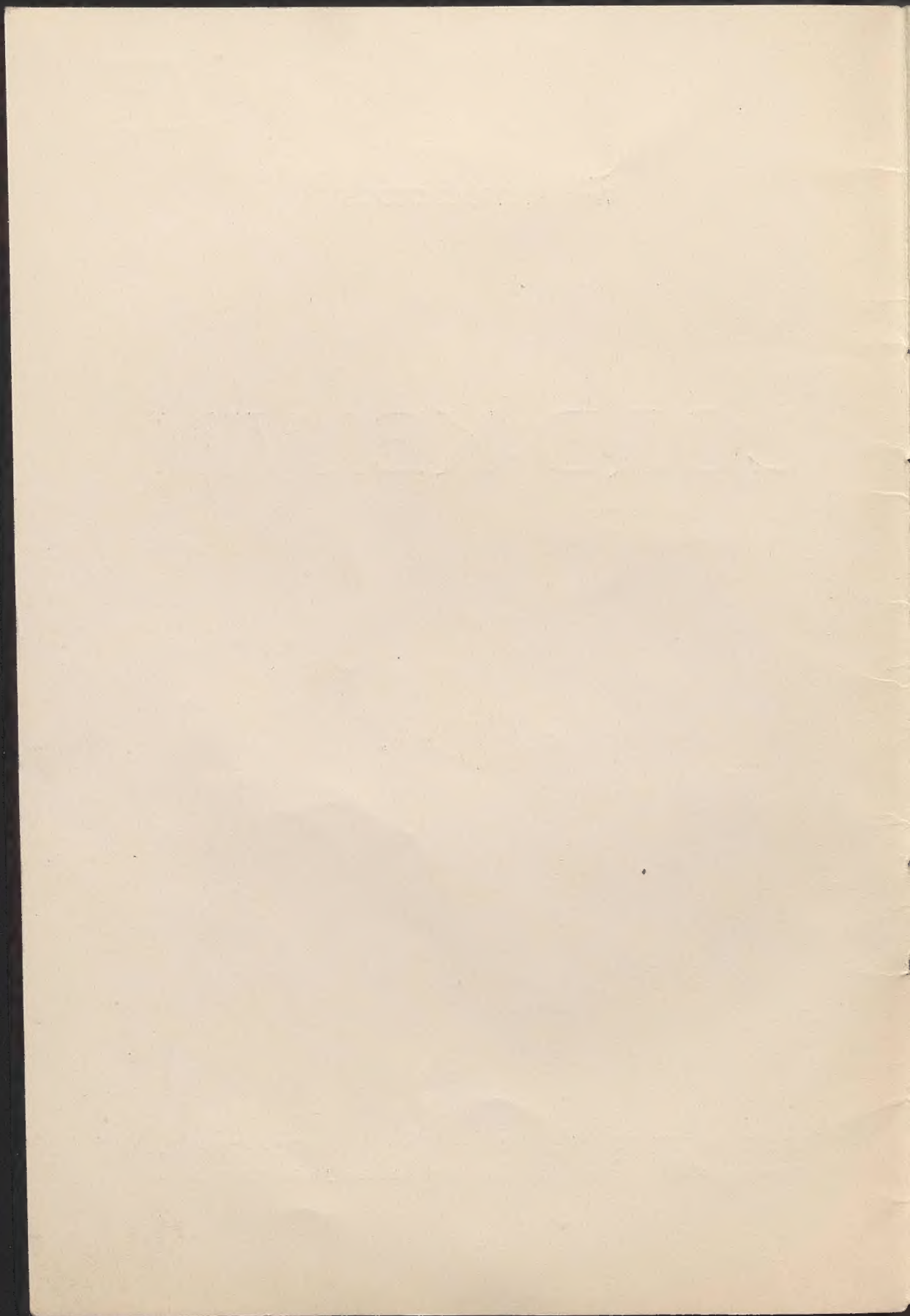
[38]



LWÓW — ODBITKA Z „ATENEUM POLSKIEGO“ — 1908 R.

Z Drukarni Słowa Polskiego we Lwowie, pod zarządem Józefa Ziemińskiego







4

MARYAN SMOLUCHOWSKI

---

# LORD KELVIN



LWÓW — ODBITKA Z „ATENEUM POLSKIEGO“ — 1908 R.  
Z Drukarni Słowa Polskiego we Lwowie, pod zarządem Józefa Ziemińskiego



THE UNIVERSITY OF CHICAGO

# LORD KELVIN



BY LORD KELVIN  
WITH A PREFACE BY THE EDITOR



1908.

## I. LORD KELVIN

Zgasł jeden z najwybitniejszych umysłów nowszych czasów: dnia 16 grudnia 1907 umarł Lord Kelvin, Earl of Largs, niegdyś Sir William Thomson <sup>1)</sup>, w 83 roku życia a 67 roku pracy naukowej.

Już sama ta sucha wzmianka kronikarska zawiera w sobie coś imponującego: 67 lat twórczej pracy naukowej! Czyż podobna, żeby natura ludzka rodziła takie zapasy energii umysłowej! Często zdarza się, że dopiero wieść o zgonie sławnego uczonego lub polityka przypomina nam jego ciche, od dawna zapomniane istnienie. Znak to, że śmierć fizyczna była poprzedzona zanikiem twórczości duchowej, lub okresem poświęconym wyłącznie *otio cum dignitate*. Nikomu podobnej myśli nie nasunęła wieść o śmierci Lorda Kelvina. Że jeszcze żył i działał, o tym wiedział cały świat naukowy, śledzący głębokie jego badania nad powstawaniem fal oceanowych, nad budową wewnętrzną atomów, ogłaszane co kilka miesięcy w *Philosophical Magazine* i innych czasopismach fachowych; wiedzieli o tym uczestnicy kongresów naukowych, w których Lord Kelvin do ostatnich czasów nader czynny brał udział. Każdy starał się poznać wielkiego uczonego, który w swej osobie reprezentował ~~cały~~ wielki okres historii nauk ścisłych; z czcią zbliżał się do ~~tej~~ wysokiej postaci, o białej jak śnieg brodzie i niebieskich marzących oczach, a cześć zamieniała się w podziw, gdy widział, z jakim młodzieńczym entuzjazmem ten starzec umiał wyklądać o swoich badaniach naukowych, z jakim ogniem umiał brać udział w dyskusji.

~~1) Istnieją dwaj inni uczeni o podobnych nazwiskach, co powoduje częste pomyłki i obecnie znów było przyczyną błażutnych dziennikarskich wiadomości: John Joseph Thomson, profesor fizyki uniwersytetu w Cambridge, słynny badacz na polu teorii elektronów, i Silvanus Phillips Thompson, profesor elektrotechniki w Finsbury Technical College w Londynie, piszący obecnie biografię Lorda Kelvina.~~



Była to istotnie postać imponująca: ostatni z generacji owych mężów, którzy stworzyli podstawę fizyki obecnej, którzy odkryli zasadę zachowania energii i drugą zasadę termodynamiki. Carnot, Robert Mayer, Helmholtz, Joule, Clausius dawno już zeszli z tego świata; on jeden pozostał, najpotężniejszy a przede wszystkim najwszechstronniejszy z nich wszystkich.

(Najwszechstronniejszy, gdyż panował z równym mistrzostwem nie tylko nad wszelkimi niemal dziedzinami nauk ścisłych, ale też przez umiejętne ich zastosowanie codziennemu życiu ludzkiemu nowe nadał formy: nazywają wiek XIX wiekiem pary i elektryczności, a że się stał wiekiem elektryczności, nikomu pod tym względem tyle nie zawdzięczamy, jak Kelvinowi.)

Ów szeroki światopogląd, owa niezmierna wszechstronność umysłu, z równą siłą podejmującego najsubtelniejsze spekulacje nad budową atomów i eteru, oraz głębokie dociekania nad przeszłością i przyszłością kuli ziemskiej, jako też tworzącego konstrukcję przyrządów, w znakomity sposób dostosowanych do celów życia praktycznego, owa uniwersalność jest najwybitniejszą ~~z~~ cechą wyróżniającą go od wszystkich, z którymi porównać go można. Każdy inny uczony, jakkolwiek wybitny fachowiec w danej gałęzi, błędnie w porównaniu z Kelvinem, gdyż wobec niego wydaje się ciasnym specjalistą, o ograniczonym widnokręgu.

Jako przykład owej wszechstronności przytoczę z osobistych moich wspomnień dwa szczegóły drobne, a jednak charakterystyczne. Mam na myśli jedno z posiedzeń Akademii (Royal Society) w Edynburgu, pod przewodnictwem Lorda Kelvina, na którym między innymi przedłożono ~~nową~~ rozprawę treści filozoficznej. W ciągu dyskusji ~~poruszone~~ <sup>o</sup> t. zw. rachunek logiczny <sup>Boole'a</sup>, mający służyć do ujęcia logiki we wzory matematyczne; autor ~~on~~ przyznał się, że nigdy nie był w stanie jego zrozumieć. Wtedy Kelvin zauważył, że kiedyś, przed kilkudziesięciu laty, tą rzeczą się zajmował; ~~ex~~ <sup>ex</sup> ~~improviso~~ <sup>improviso</sup> ~~począł~~ <sup>począł</sup> wykladać przed zdumionym audytorjum zarys ~~tego~~ <sup>tego</sup> systemu matematyczno-logicznego, którego fachowy filozof nie rozumiał.)

(W kilka tygodni później ~~znów~~, gdy na wyjeździe z Glas-

[Kelvina,

↓ wspomniano

|| pracy



LORD KELVIN

(nie z Kelvinem)

gowa ~~z nim się~~ zegałem, zastałem go zajętego rysunkami przyrządów do fabrykacji masła, ~~co do~~ których miał wydać orzeczenie; właśnie był ukończył studjum spraw patentowych, dotyczących pierścieni pneumatycznych używanych przy rowerach.

W naszych czasach drobiazgowej specjalizacji sława naukowa płynie zazwyczaj bardzo wąskim korytem; znaczenie powag naukowych zrozumiane i doceniane bywa zazwyczaj tylko przez szczupłe grono adeptów danej nauki; osobistość ~~to~~ natomiast przedstawia się jako wyjątkowo zajmująca postać, zarówno dla fachowych uczonych jak ~~to~~ dla szerokiego ogółu, nie tylko ze względu na pierwszorzędną rolę, którą odegrała w historii kultury XIX. wieku, ale przede wszystkim ze względu na ~~jej~~ niezwykłą wszechstronność działania.

Kelvinia

Działalność tę, a zwłaszcza sprężyny nią kierujące, rozumiemy lepiej w związku z pewnymi szczegółami biograficznymi.

William Thomson urodził się 26 Czerwca 1824 r. w Belfast, w Irlandji, gdzie ojciec jego, James, był profesorem matematyki. W roku 1832 ojciec został powołany na katedrę uniwersytetu w Glasgowie; ~~to~~ już w dwa lata później, jako dziesięcioletni chłopiec, William Thomson został zapisany jako student tegoż uniwersytetu. Zdaje się, co prawda, że wówczas ten uniwersytet nie zupełnie stał na dzisiejszej wysokości, że było to coś pośredniego między wyższym liceum a uniwersytetem w dzisiejszym sensie słowa. W każdym razie ~~jednak~~ młody uczoney —

za ~~tego~~ takiego uważano go już przed ukończeniem studjów Glasgowskich — ~~takiego tam~~ doznał /wyszkolenia matematycznego, ~~to~~ już w wieku 16 lat /ogłosił pierwszą rozprawę naukową, w celu obrony Fouriera teorii przewodnictwa cieplnego przeciwko zarzutom prof. Kellanda z Edynburga. Początkowo wstępuje wyraźnie w ślady wielkich francuskich matematyków, Laplace'a, Fouriera, Fresnela, z których dziełami gruntownie się zapoznał, zachęcony przez profesorów Meiklehama i Nicholaj; wpływ owych klasycznych mistrzów do końca życia występuje w jego pracach.

tam  
które  
pozwołito  
mu

Skończywszy uniwersytet Glasgowski, Thomson udaje się w r. 1841 dla wyższego wykształcenia do Cambridge, które ~~sa~~ dla Anglii było i jest pierwszym ogniskiem wiedzy mate-

zawoził



matycznie-przyrodniczej, i wstępuje tam do najstarszego z kolegów uniwersyteckich, utworzonego w roku 1284 St. Peter's College. W roku 1845 kończy studia uniwersyteckie, odznaczony pierwszą nagrodą konkursową »Smith's Prize«, i zyskuje przy końcowych egzaminach matematycznych kwalifikację »Second Wrangler«. Oznacza to numer drugi ogólnej lokacji, która absolwentów dzieli na wranglers, senior optimes i junior optimes. Że wtedy egzaminator <sup>III. rowie</sup> ~~III~~, nie zupełnie doceniając <sup>Thomsona</sup> ~~glenjusza~~ Thomsona, na pierwsze miejsce wysunęli niejakiego Parkinsona, który niczym później ~~(sie nie odznaczył)~~ do dziś dnia stanowi zarzut często podnoszony przeciwko instytucji owych egzaminów; ~~który ostatecznie nie mało do tego się przyczynił, że~~ obecnie lokację porządkową zniesiono, pozostawiając tylko podział na ogólne grupy.

<sup>ukryte</sup> Thomson ~~potem~~ zostaje wybrany fellow (t. j. stypendystą, i do pewnego stopnia współkierownikiem) swego kolegum, wyjeżdża do Paryża, do laboratorium słynnego Regnaulta, ale już w następnym roku 1846 zostaje powołany na katedrę fizyki, czyli według angielskiego terminu »filozofii natury« (<sup>Thomsona</sup> ~~natural~~ Philosophy) do Uniwersytetu <sup>Thomsona</sup> ~~glasgowskiego~~, i tę posadę zatrzymuje aż do roku 1899.

Głównym przedmiotem <sup>Thomsona</sup> ~~jego~~ prac naukowych z pierwszego okresu była analiza matematyczna zjawisk elektrostatyki i magnetyzmu; <sup>Thomsona</sup> ~~na~~ <sup>Thomsona</sup> ~~tem~~ polu okazał niepospolite zdolności matematyczne.)

(Wynikiem tych prac była nadzwyczaj pomysłowa metoda obliczenia rozmieszczenia elektryczności na przewodnikach, oraz ~~cały~~ szereg zasadniczych twierdzeń z teorii potencjału, które do dziś dnia służą ~~nam~~ za podstawowe twierdzenia tej gałęzi nauki, ale których znaczenia na ~~tem~~ miejscu szczegółowo wyluszczać niepodobna. Część ich coprawda <sup>Thomsona</sup> ~~odnalazł~~ później w dawno zapomnianym dziele Greena (1828), które sam na nowo ogłosił, ażeby na nie zwrócić uwagę świata uczzonego. Z późniejszych ~~jego~~ badań teoretycznych w dziedzinie elektryczności wymienimy ~~tylko~~ jedno z najważniejszych: odkrycie, że iskra elektryczna składa się z ~~całego~~ szeregu drgań elektrycznych. Istnienie tych

Thomson

Thomson



drgań sprawdził później Feddersen doświadczalnie, a Hertz dowiódł, że wzbudzają one ~~one~~ słynne fale elektryczne.

Na zupełnie nowe tory popchnęło ~~by~~ spotkanie i poznanie się z Joulem na zjeździe British Association w Oxfordzie 1847.

Thomson wysoko cenił mało znane dzieło młodo zmarłego francuskiego uczonego Sadi Carnota: »Sur la puissance motrice du feu«, w którym tenże dowodził, że do wytworzenia pracy mechanicznej z ciepła, np. w maszynie parowej, potrzeba, żeby ciepło, uważane według powszechnej opinii za substancję, zostało przeniesione z wyższej temperatury do niższej, podobnie jak woda, spadając z wyższego na niższy poziom, wytwarza pracę przez obracanie koła wodnego. Joule z drugiej strony na podstawie nadzwyczaj starannych doświadczeń doszedł do przekonania, że ciepło może (się zamieniać) w równoważną pracę mechaniczną i na odwrót; że (to są) tylko różne formy, różne postaci energii, których suma pozostaje niezmienna.

Takie zapatrywanie zdawało się Thomsonowi sprzeczne z zasadą Carnota; przez kilka lat wahał się je przyjąć, aż w r. 1851 poznał, że jedno i drugie twierdzenie jest prawdziwe i że wszelkie sprzeczności znikają, jeżeli się Carnota zasadę oczyści od mylnego założenia, że ciepło jest niezniszczalną substancją, t. zw. fluidum cieplne, jak woda. Forma, w którą Thomson ujął tak poprawione rozumowania Carnota brzmi: »Nie można uzyskać pracy mechanicznej zapomocą oziębienia ciała poniżej najniższej temperatury otoczenia«. Niepodobna na tym miejscu tłumaczyć znaczenia i konsekwencji tego pozornie skromnego i mało mówiącego twierdzenia, zaznaczę tylko, że ono wraz z ~~ową~~ zasadą zachowania energii, udowodnioną przez Joule'a, stało się myślą przewodnią w konstrukcji maszyn parowych, gazowych i t. p., że ono zrodziło całą nową gałąź umiejętności, t. zw. chemję fizyczną; co więcej można powiedzieć, że stało się osią, około której obraca się cała fizyka nowoczesna.

Historja tych odkryć, najważniejszych niewątpliwie od czasów badań Newtona, jest także pod tym względem ciekawa, że dowodzi jak idee, będące na czasie, równocześnie a niezależnie rodzić się mogą w różnych umysłach. Tak jak Joule sławą od-

H. Kelvina

Wówczas

czy można



krycia zasady zachowania energii dzielić się musi z R. Mayerem i Helmholtzem, tak Thomson pierwszeństwo ogłoszenia tej t. zw. drugiej zasady termodynamiki odstąpić musiał Clausiusowi, który w Niemczech podobne rozumowania ogłosił kilka miesięcy później.

*skali* ~~Wogóle jednak~~ <sup>jednak</sup> Thomson (rozległością i płodnością swych badań na tym polu daleko przewyższył Clausiusa. On pierwszy podał sposób określenia bezwzględnej ~~podziałki~~ temperatury, niezależnej od rodzaju (termometru używanego, i w związku z tym obliczenie bezwzględnego zera temperatury ( $-273^{\circ}\text{C}$ ). On pierwszy zwrócił ~~naszą~~ uwagę na ogólną tendencję przyrody do »dyssypacji« energii, czyli do bezustannego marnotrawienia zapasów energii, która wciąż cały świat dalej posuwa na bezpowrotnej drodze ku wyczerpaniu, ku śmierci.)

~~Dzięki~~ Zapomocą dedukcji teoretycznej na podstawie owych zasad wyprowadził cały szereg wniosków o związku zjawisk cieplnych ze sprężystością, włóskowatością, magnetyzmem i t. d., a te wyniki zachęciły go ~~do~~ do badań eksperymentalnych koło doświadczalnego ich stwierdzenia. Tak udowodnił wspólnie ze starszym bratem, Jamesem, profesorem mechaniki na uniwersytecie Glasgowskim, że użycie ciśnienia zewnętrznego obniża temperaturę topliwości lodu; następnie, wspólnie z Joule'm, wykonał ~~one~~ klasyczne badania nad zmianą temperatury gazów będących w ruchu, które czterdzieści lat później Lindemu i Hampsonowi nasunęły myśl budowy dziś używanych przyrządów do skraplania powietrza, i które umożliwiły w dalszym ciągu Dewarowi i Olszewskiemu skroplenie wodoru i osiągnięcie temperatury  $-270^{\circ}\text{C}$ .

~~Wreszcie~~ Chęć sprawdzenia pewnych wniosków z zakresu zjawisk termoelektrycznych (między innymi t. zw. »efektu Thomsona«) doprowadziła go <sup>do</sup> ~~do~~ kwestji eksperymentalnych pomiarów elektrycznych. ~~Wówczas~~ W zakresie zjawisk elektrycznych, które były dawniej ulubionym przedmiotem jego świetnych dociekań matematycznych, odczuł ogromny brak dokładnych przyrządów do praktycznego wykonania pomiarów elektrycznych, brak ściśle określonych jednostek, w którychby można wyniki pomiarów wyrazić. Tu otworzyło mu się nowe, rozległe pole działania, od-



powiadające wrodzonej inwencji jego umysłu; rozpoczął się nowy okres jego działalności.)

(Z ~~tem~~ <sup>nie</sup> większym zamięrowaniem zwrócił w tym kierunku swoją energię, że w owym czasie wyłoniła się właśnie kwestja, naukowo ciekawa, ~~doniosła~~ pod względem praktycznym, czy nie byłoby <sup>możliwe</sup> połączyć Europę z Ameryką zapomocą telegrafu podmorskiego. Pierwszorządne powagi nauki i techniki, m. p. astronom Airy, uważały ten pomysł początkowo za utopję. Twierdzono, że niemożliwe będzie ułożenie ~~takiego~~ kablu na dnie morza, w głębokościach przenoszących 4000 m; że nawet, gdyby się rzecz udała, niemożliwe będzie przesyłanie dostatecznie silnych impulsów elektrycznych, któreby dały efekty dostrzegalne; twierdzono, że kable musiałyby się zniszczyć w krótkim czasie wskutek ruchu fal i uszkodzeń; ~~przez zwirowała morskie, a~~ co najważniejsze, że ogromny kapitał wymagany do takiego przedsięwzięcia byłby dosłownie utopiony w morzu.)

(Kelvin natomiast, obliczywszy sposób rozchodzenia się impulsów elektrycznych w kablach i przekonawszy się o teoretycznej możliwości ~~tego~~ projektu, zajął się z ~~całym~~ entuzjazmem praktycznym jego wykonaniem. Wypracował szczegółowy plan założenia i sposobu używania telegrafu podmorskiego, wymyślił odpowiednie przyrządy o bajecznej pomysłowości konstrukcji i wreszcie w roku 1858, jako dyrektor kompanji telegrafu transatlantyckiego, wziął osobiście udział w ułożeniu pierwszego kabla z Irlandji do Nowej Fundlandji. Wiadomo, że początkowo sceptycy tryumfowali, gdyż pierwszy ~~ten~~ kabel po kilkutygodniowym funkcjonowaniu zepsuł się zupełnie, a następny w roku 1865 przerwał się w trzech czwartych drogi z Europy do Ameryki; wreszcie w roku 1866 osiągnięto zupełne ~~sukces~~ <sup>powodzenie</sup>. Tras

(w d. c.) Dziś długość kabli podmorskich wystarczałaby do opasania ziemi kilkanaście razy dokoła; dziś, przeglądając w gazecie ~~myślnie~~ telegramy z Nowego Yorku, Brazylii, Australji, ~~ani sobie~~ sprawy <sup>nie</sup> zdajemy, że do tak niedawna ludzkość tworzyła luźne zbiorowiska wyspowe mało <sup>na</sup> siebie wzajemnie ~~oddziaływujące~~, że od czterdziestu lat dopiero istnieją nerwy, łączące ludzkość w jeden organizm. Mimo, że ta gałąź techniki w tak olbrzymi

L <sup>trawajace</sup>



sposób (się rozwinęła) w tym czasie, ~~×~~ przecież wciąż jeszcze używamy do odbierania znaków w telegrafii podmorskiej ~~o tego~~ cudownego instrumentu, który Thomson ochrzcił syphon recorder i który stał się prototypem większości galwanometrów (t. zw. typu Deprez-d'Arsonval), dzisiaj w naszych laboratorjach używanych.

Instrumenty elektryczne Thomsona były objawieniem dla fizyków; nigdy przedtem nie przypuszczano, żeby w obrębie tych na pozór tak nieuchwytnych zjawisk dały się wykonać tak ściśle pomiary. Ale też Thomson nie zadawał się konstrukcją przyrządu odpowiadającego danemu celowi, lecz żądał przyrządu możliwie najdoskonalszego, tak żeby nic (do poprawienia) nie zostało. Doskonałość zaś osiągał nie próbowaniem, lecz drogą analizy matematycznej; pod tym względem jego prace są wzorami racjonalnej metody wynalazczej. Elektrometr kwadrantowy, elektrometr bezwzględny, galwanometr zwierciadłowy, przez dziesiątki lat były podziwiane jako ozdoby pracowni fizycznych; dzisiaj jeszcze w mało zmienionej formie służą do najdokładniejszych pomiarów; również ~~on~~ szereg najróżnorodniejszych, nader pomysłowych jego »praktycznych« woltmistrzów, ampermetrów, wag elektrycznych i t. d., dzisiaj jeszcze powszechnie ~~jest używany~~ w praktyce laboratoryjnej i technicznej, zwłaszcza w Anglii (u nas znacznie lichsze niemieckie wyroby i naśladownictwa są ~~więcej~~ rozpowszechnione). ~~A także koło~~ ścisłego ustalenia dziś używanych miar i jednostek elektrycznych Thomson wielkie Położył zasługi. ~~Wogóle~~ Jeżeli dzisiaj pomiary elektryczne ↓ prawie z taką łatwością i dokładnością ~~wykonujemy~~, jak ważenie i mierzenie długości, ~~×~~ w znacznej mierze jemu to zawdzięczamy.

↓ ~~wykonywać~~ możemy Zajęcie się telegrafją podmorską także inny dla Thomsona miało skutek: wzbudziło w nim gorącą miłość do morza; ~~×~~ kto raz miał szczęście zapoznać się z przyrodą w tej najwspanialszej jej postaci, pozostanie pod jej czarem przez całe życie. Zabrał się do fachowych studjów nautyki, złożył egzamin kapitański, zakupił mały yacht żaglowy, pojemności 127 ton, Lalla Rookh, i odtąd cały czas wolny od zajęć uniwersyteckich spędzał na

ma zasob-  
owanie

! bardziej

Próbowanie

↓ wykonywać  
możemy

nazwa

Ma



morzu, sam prowadząc swój statek wśród mgły i burz, zastanawiając się nad odwiecznym problemem<sup>at</sup> nawigacji: znalezienia drogi na bezmiernych przestrzeniach oceanu; ~~z~~ wśród przepotężnej przyrody oceanu rozmyśla~~te~~ nad dziejami ziemi, księżyca i słońca. Owocem tych godzin skupienia były po części wynalazki praktyczne, po części studia teoretyczne.

Dopóki marynarz widzi słońce, księżyc lub gwiazdy, może (się orjentować) na otwartym morzu zapomocą obserwacji~~y~~ astronomicznych. Ten sposób orjentowania się Thomson ułatwił przez szczegółowe opracowanie t. zw. metody Sumnera, dawniej zbyt mało znanej. Właściwe jednak trudności i niebezpieczeństwa nastają dla marynarza, gdy nie widać ani lądu, ani ciał niebieskich, gdyż nigdy dokładnie wiedzieć nie można, ~~te~~ prądy i wiatry statku z właściwej drogi nie wyprowadziły. Jedyną ucieczką ~~wtedy~~ pozostaje sondowanie głębokości i porównanie danych otrzymanych z dokładną mapą głębín oceanowych; ale sondowanie liną większych głębokości wymaga zatrzymania statku i kilkugodzinnej natężającej pracy, ~~z~~ dla tego rzadko bywało używane. Thomson ~~z~~ miał szczęśliwy pomysł zastąpienia liny stalowym drutem fortepjanowym, co (zmniejszyło nadzwyczajnie) ciężar całego przyrządu i umożliwiło wykonanie ~~ty~~ operacji w ciągu kilku lub kilkunastu minut, bez zatrzymania biegu statku; ~~z~~ to dopiero nadało metodzie sondowania ogromne praktyczne znaczenie.

Najważniejsz<sup>e</sup>~~e~~ było jednak wydoskonalenie kompasu okrętowego. Na miejsce dawnych kompasów, zawierających dużą, ciężką igłę magnetyczną, zaprowadził kompas o nadzwyczaj delikatnej a solidnej konstrukcji; składają~~ny~~ się z kilku słabo namagnesowanych drobnych igiełek, połączonych zapomocą włókien kokonowych z ruchomą tarczą aluminiową kompasu, który bezporównania mniej podlega wahaniom wskutek ruchów statku i <sup>z</sup> wiele dokładniej ochronić się daje od szkodliwych wpływów żelaza okrętowego. Ten ostatni względ przy obecnej budowie statków, prawie wyłącznie <sup>z</sup> żelaza, tak jest ważny, że na całym świecie powszechnie przyjęto ~~one~~ kompasy Thomsona. Kelvina.

Wybitne miejsce <sup>z</sup> zajmują dalej jego badania przyptywu i odpływu morza. Praktyczne znaczenie tych zjawisk oceni należycie

! w pracach Kelvina



Owe zjawiska mają jednak także wybitne znaczenie kosmiczne; w ciągu wieków muszą powodować stopniowe opóźnienie ruchu obrotowego ziemi, oraz stopniowe oddalanie się księżyca od ziemi. Thomson nauczył nas wnioskować z nich nawet o stanie wewnętrznego jądra ziemi: wykazał mylność zapatrywania, jakoby ziemia wewnątrz była zupełnie płynna, pokryta tylko cienką stałą skorupą; przeciwnie ziemia okazuje taką sztywność wobec krótko działających sił odkształcających, jak gdyby była kulą z żelaza lub stali.

Wkroczyliśmy tu już w obręb geologicznych i astrofizycznych badań Thomsona. Nie wchodząc w inne prace (jak rozważania nad źródłami energii słońca, wytłumaczenie obniżenia temperatury w wyższych warstwach atmosfery i t. p.) wspomnieć należy o najślawniejszej z nich wszystkich: o obliczeniu »wieku ziemi«, t. j. czasu, który upłynął od chwili, gdy stopiona kula ziemską pokryła się skorupą skrzepniętą, aż do dziś dnia. Geologowie szkoły »uniformitarnej« wyobrażali sobie, że ten czas jest niezmiernie długi, że liczy się miljardami lat; natomiast Thomson, którego ten problemat już za czasów uniwersyteckich zajmował, ogłosił 1862 rozprawę, w której z wzrostu temperatury obserwowanego przy kopaniu szybów, w związku z teorią przewodnictwa cieplnego, wnioskował, że ~~ten~~ wiek ziemi nie może przenosić 100 milionów lat; ~~a~~ później, w roku 1899, zredukował tę liczbę do 20 milionów lat. Nie można przemilczeć słabej strony



tego wyvodu, którą jest przyjęcie liczb dla przewodnictwa wnętrza ziemi na podstawie pomiarów skał, tworzących jej warstwy zewnętrzne; w ostatnich latach podniesiono też zarzuty przeciwko podstawom rachunku ze względu na odkrycie substancji promieniotwórczych, bezustannie wywiązujących ciepło. Obecnie przyjmujemy z różnych powodów, że wiek ziemi jest nieco dłuższy, niż Thomson chciał przyznać. W każdym razie Podziwiamy dotychczas śmiałość i genialność pomysłu ~~owego~~ obliczenia, które stworzyło ~~nową~~ epokę w badaniach geofizycznych, wprowadzając ściśle metody fizyki matematycznej w dziedzinę zjawisk geologicznych, i które stało się wzorem dla innych spekulacji podobnego rodzaju.

W bezpośrednim związku z ~~przyrodą~~ <sup>naturą</sup> morza jest inny ulubiony przedmiot badań Thomsona: hydrodynamika, a zwłaszcza teoria fal wodnych. ~~Niewątpliwie~~ ciągłe obcowanie z tym żywiołem, codzienna obserwacja ~~tych~~ najróżnorodniejszych i najciekawszych zjawisk ~~(przyrody martwej)~~, jakimi są fale wodne, jest <sup>niezwykle</sup> przyczyną, że Anglicy ~~wogóle z takim~~ <sup>plwie</sup> zamiłowaniem ten przedmiot uprawiają. Pośród ich badań ~~naś~~ prace Thomsona, prowadzone aż do ostatnich tygodni życia, zajmują pierwszorzędne miejsce, przyczyniając się niemało do objaśnienia różnych zagadkowych zjawisk z tego zakresu. Dziwnym <sup>z</sup> może się wydawać, że mówimy tu o zagadkowości ~~tych~~ pozornie prostych, codziennych zjawisk. Istotnie ~~jednak~~ hydrodynamika należy do <sup>najbardziej</sup> najskomplikowanych i najciemniejszych dotychczas części ~~całej~~ fizyki, mimo że od dawna w ogólnych równaniach hydrodynamicznych mamy klucz do ~~zupelnego~~ jej objaśnienia. Przyczyną, że z tego klucza nie potrafimy należycie korzystać, są nadzwyczajne trudności analizy matematycznej, które tylko przez usiłowania genjalnych matematyków, jak Thomson, przewyciężone być mogą.

W latach osmdziesiątych zaczyna się trzeci okres czynności naukowej Thomsona, <sup>z</sup>charakteryzowany powrotem do abstrakcyjnych przedmiotów rozumowania. Jeszcze w roku 1867 wygłosił słynną hipotezę, że atomy są to ~~obrotowe~~ <sup>obrotowe</sup> Wirowe eteru (podobne do znanych »kółek dymu«). Później porzucił tę hipotezę, ponieważ poznał konieczność ~~przyjęcia~~ <sup>założenia</sup> założenia, że eter ma właściwości

L pierścienie



sprężyste nie cieczy, lecz ciała stałego, albo może smoły lub galarety; ~~z~~ odtąd rozmyślał nad sposobami, jakby sobie można było wyobrazić strukturę takiego eteru. Znan<sup>a</sup> jest zwłaszcza jego hipoteza eteru »gyrostatycznego«, t. j. złożonego z ~~z~~ system<sup>u</sup> połączonych ze sobą, wirujących krążków. Niewątpliwie wpłynęły tu na niego do pewnego stopnia pokrewne spekulacje Maxwella; zapewne ten sam wpływ skłonił go do rozważań nad budową materji. Thomson wstąpił jednak na drogę całkiem od Maxwella niezależną, wskrzeszając pewne hipotezy co do sił atomowych, ogłoszone w końcu wieku XVIII przez chorwackiego jezuitę Boscovicha, łącząc je z teorią Francisa Bravais'a o strukturze kryształów i dochodząc w syntezie do nader ~~ciekawych~~ i, jak sądzę, dziś jeszcze niedocenionych wniosków o atomistycznej budowie ciał stałych.

W ostatnich czasach zajęły ~~go~~ również ~~cyfry~~ nowo odkryte zjawiska fizyki elektronowej, promienie Röntgena, katodowe i promieniotwórczość; i ~~także~~ na ~~tem~~ polu pozostał wierny swej metodzie, usiłując wszystko wytłumaczyć na podstawie założeń co do mechanicznej istoty eteru i atomów. W tych pracach (mniej miał) zwolenników; ~~ten~~ ten sposób zapatrywania obecnie »wyszedł z mody«; ~~ale~~ zastanowić musi nas fakt, świadczący chyba o żywotności tych jego pomysłów, że hipoteza Kelvina jego co do składu atomów z cząstek dodatnio i ujemnie naelektryzowanych, w mało zmienionej formie podjęta została przez prof. J. J. Thomsona, gwiazdę młodszej generacji fizyków, tworząc podstawę jego genialnych teorii co do struktury atomów, ~~które tenże odznaczony został nagrodą Nobla~~. Zaznaczę nawiasem ciekawy szczegół, że pierwsze prace naukowe, któremi się wslawił ~~tenże~~ J. J. Thomson, i za które otrzymał nagrodę Adamsa, były poświęcone rozwinięciu matematycznemu ~~swojej~~ dawniejszej hipotezy Kelvina, o istocie atomów jako obrotowych wirowych eteru.

Naszkicowaliśmy tu tylko najwybitniejsze rysy jego działalności. Aby dać ogólne o niej pojęcie, zresztą wystarczy wspomnieć, że liczba jego rozpraw naukowych jest koło 400.

↓ pierścieni

II Kelvina,

(wynosi)

nr dat-



*129m* *ciężko* Ale ~~Starajmy~~ się obecnie scharakteryzować ogólny typ ~~jego~~ umysłowości. Przedewszystkiem trzeba zaznaczyć, że nie był to właściwie umysł przyrodniczy, lecz umysł matematyczny, albo raczej ~~geometyczno-konstrukcyjny~~ *geometyczno-konstrukcyjny*. Zdaje się zresztą, że ~~to jest~~ cechą wspólną wielkich mistrzów nauk ścisłych, teoretyków i eksperymentalistów; że największe postępy w tych naukach zawdzięczamy raczej myśleniu konstrukcyjno-dedukcyjnemu, aniżeli metodzie indukcyjnej, pomimo, że ostatecznie ~~nowe~~ doświadczenie musi być sprawdzianem teorii.

Doświadczalną pracę cenił wysoko, ale dziwnym <sup>*wydać*</sup> może się ~~wydać~~, że człowiek, który ~~swymi~~ wynalazkami tak nadzwyczajnie wydoskonalił metody doświadczalne, sam większych, precyzyjnych badań doświadczalnych nie wykonał. W pracach wspólnie z innymi podjętych on zwykle dawał pomysły, ~~dyktował~~ *dyktował* <sup>*fakt,*</sup> pracą, zostawiając <sup>*inny*</sup> ~~drugiemu~~ raczej wykonanie. Sądzę, że Thomson był zbyt ruchliwy, a może i niecierpliwy. Z przyjemnością i wdzięcznością wspominam nadzwyczajnie <sup>*cenimy*</sup> ~~ciężko~~ czas spędzony w Glasgowie przed 11 laty, kiedy Thomson, (wówczas już Lord Kelvin), Beattie i ja wspólne wykonywaliśmy prace nad pewnemi, wówczas jeszcze nowemi zjawiskami przewodnictwa elektrycznego w gazach; żywo pamiętam, jak każdego ranka, wstępując do laboratorium, już w chwili, gdy drzwi odchyłał, wołał: »Czyście Panowie znaleźli coś nowego?« Nie zdarza się to codziennie, w pracach doświadczalnych; ~~ale~~ jaki to był entuzjazm, gdy można mu było »coś nowego« opowiedzieć. Kilkakrotnie, gdy proponowaliśmy, ~~zamiast~~ ~~zamiast~~ ~~zamiast~~ pobieżnego poznawania całego, ogromnie rozległego przedmiotu, wyczerpujące zgruntowanie jakiejś jego części, odpowiadał: »Tak, to byłoby niewątpliwie nadzwyczajnie ciekawe, ale moglibyśmy strawić na ~~tem~~ ~~całe~~ ~~całe~~ życie, więc lepiej dajmy temu pokój!«

~~Isotnio~~ <sup>*Isotnio*</sup> Umysł ~~jego~~ <sup>*ten*</sup> bezustannie i gorączkowo pracował, jakby ~~się obawiał~~ <sup>*ten*</sup> zmarnowania choćby jednej chwili życia. Sławny był jego »green note-book«, notes, który wciąż nosił ze sobą, aby w każdej chwili, czy ~~w~~ w kolei, czy na koncercie, notować pomysły, jakie mu się nasuwały.

Dziwnym i ubolewania godnym <sup>*neon*</sup> było, że nie miewał więcej

profesorów  
L tego faktu był

16

MARYAN SMOLUCHOWSKI

młodych współpracowników w laboratorium; ilu jest niemieckich i amerykańskich profesorów, którzy są otoczeni ~~całą~~ rzeszą młodych »doktorandów«; ~~żądnych~~ pracy, którzy posiadają wspaniałe laboratoria, a nie mają pomysłów. Przyczyną ~~L~~ może po części tradycją wieków uświęcony mir uniwersytetów Oxford i Cambridge, przyćmiewający wszystkie inne uniwersytety, a zat~~em~~ i Glasgow; poczęści zaś ubogie wyposażenie laboratorium. Choć umieszczone we wspaniałym gotyckim pałacu uniwersyteckim, na szczycie pagórka, co do urządzenia wewnętrznego, było to raczej muzeum zabytków instrumentalnych, ~~L~~ ~~wyrażonych~~ przyrządów Thomsona, aniżeli nowoczesny instytut fizyczny. Pamiętam ciągle kłopoty z akumulatorami, z przeciążoną dynamo-maszyną, której zbroje ~~(się rozlatywały)~~, tak, że musieliśmy je sznurkiem wiązać i lepić klejem; ~~inaczej~~ pamiętam opornicę, złożoną z zardzewiałych powykęcanych drutów umocowanych na jednej ze ścian sali. Różne tam były ~~ciekawe~~ przyrządy; między innymi ~~także~~ kilka urządzeń do doświadczeń »wiekowych« (secular experiments). Tak n. p. Od szczytu wieży gmachu aż do laboratorium sięgał drut, na którym wisiał ciężar; miało to służyć do wykazania powolnego wydłużania <sup>ni</sup> drutu w skutek stałego, latami trwającego, naprężenia. Opowiadano jednak, że studenci ~~ona~~ nie-  
kiedy ~~oni~~ przyśpieszali proces wydłużania przez porządne szarpnięcie tego drutu.)

(Wogóle studenci nieraz nie doceniali wielkości swego Mistrza; prawda, że często nie rozumieli jego wykładu, nie liczącego się z ograniczonością przeciętnej mózgownicy. Jako prelegent ~~L~~ podlegał ~~on~~ tej wadzie, że przedmiot go »unosił«; mówiono z nieco złośliwą przesadą, że czwarta część wykładu była poświęcona na wstęp, a dwie czwarte na rozmaite bardzo ~~L~~ ~~ciekawe~~, ale nie należące do rzeczy, dygresje, tak, że przy rozpoczęciu właściwego przedmiotu zwykle już czas był przekroczony, a znużona publiczność pozostawała ~~wied~~ pod wrażeniem jego entuzjastycznego zapału, aniżeli logicznej siły argumentów.)

Częstość dygresji i brak systematycznego układu występuje również w jego pismach, jak n. p. w słynnym wspólnie z prof. Taitem rozpoczętym dziele: »Treatise on Natural Philosophy«.

L zajmujące  
H bardziej



H należy

LORD KELVIN

17

które, mimo, że zostało niedokończone, niezwykłym bogactwem myśli i oryginalnością przedstawienia przedmiotu niepomierne wpływy wywarło na rozwój nauki. To samo ~~ta się~~ powiedzieć o dziele traktującym mechaniczną teorię światła, wydanym kilka lat przed śmiercią: *Baltimore Lectures*.

W wszystkich ~~tych~~ dostrzegamy dalszą charakterystyczną właściwość ~~jego~~ intelektu, z której wypływa wszechstronność jego działania: jest to umysł nie uznający systematyzowania, szufladkowania nauki. Nauka dla niego jest jedna. Z równym entuzjazmem podejmuje każdy nowy problem, <sup>(at)</sup> wszystko dla niego jest zajmującym, każdy szczegół dla niego jest ważny, wszystko »należy do rzeczy«.

L-aty-

Inną wybitną cechą <sup>Kelvina</sup> jest niezwykła samodzielność; ta samodzielność jest właściwym źródłem jego gienjalności, która ~~nam~~ wskazała nowe drogi w badaniach naukowych i w ich zastosowaniu praktycznym. <sup>Ponieważ nie troszczył</sup> Wskutek ~~nietroszczenia~~ się o prace innych często ~~nawet~~ zdarzało mu się odkryć drugi raz, co już inni odkryli. Obce myśli ~~(wogóle przyjmował)~~ trudno; ~~jeżeli je przyjmował,~~ przynajmniej formę ich przerabiał na swoją modłę. Wynikał stąd z drugiej strony pewien konserwatyzm zapatrywań, zwłaszcza w późniejszym wieku; nie troszcząc się o modne teorie fizyczne, szedł dalej raz upatrzoną drogą. Pozostał nieprzyjacielem powszechnie dziś przyjętej teorii dyslokacji elektrolitycznej, nie darzył nigdy sympatią elektromagnetycznej teorii światła, a ~~tem~~ mniej obecnych dążeń tłumaczenia zjawisk materialnych, wogóle ~~dalej fizyki~~ jako objawów elektryczności.

badaczy,

H zjawisk fizycznych

Ze zdziwieniem czytamy u niego, — wobec wspaniałego rozkwitu teorii elektrycznej światła <sup>ona</sup> (w obecnych czasach) — że »dotychczas nie wiele nam pomogła w zrozumieniu rzeczy«. Ale pojmujemy jego stanowisko, gdy w innym miejscu znajdujemy charakterystyczne słowa: »Zdaje mi się, że prawdziwy sens pytania, czy rozumiemy dane zjawisko ~~fizyki lub nie~~, jest: Czy możemy ~~sobie skonstruować~~ odpowiedni model mechaniczny? Nigdy nie ~~będę~~ zadowolony, dopóki nie potrafię zrobić modelu mechanicznego przedmiotu; jeżeli potrafię, to rozumiem; jeżeli nie potrafię, to nie rozumiem«.

Kelvina

H zbudować

w lepszym

I jestem

ciągu

— To jest jego wyznanie wiary. Nie myśli wcale ignorować istnienia fal Hertza, doświadczeń nad elektronami i t. d., wszak sam wspólnie z H. Poincarém zorganizował badania (1903), które ostatecznie rozwiązały zasadniczą kwestję sporną nowszej elektrodynamiki, ~~co do~~ <sup>o</sup> właściwości <sup>ach</sup> t. zw. konwekcyjnych prądów elektrycznych. Ale wierzy, że wszystko ostatecznie ~~można~~ wytłumaczyć pewną strukturą mechaniczną eteru i materji; ~~z~~ w odkryciu tego mechanizmu upatruje zadanie fizyki i cel swego życia. Gruntownemu wykszoleniu w mechanice, uważanemu w Anglii za podstawę do badań ścisłych, oraz wrodzonym w tym kierunku zdolnościom konstruktywnym zawdzięczał główne tryumfy swego życia; ~~z~~ wiernym pozostał do końca sztandarowi mechanicznego światopoglądu. Czy nauka nie powróci kiedyś do tego chwilowo opuszczonego hasła?



Wypada nam jeszcze uzupełnić zarys biograficzno - osobisty.

Po wykonaniu pierwszej linii kablowej do Ameryki, w uznaniu ~~swych~~ zasług koło nauki i techniki, został mianowany baronetem w roku 1866. Odtąd więc nazywa się Sir William Thomson, a w r. 1892 zostaje dziedzicznym Lordem, z czym jest związana zmiana nazwiska. Przyjął nazwisko rzeczki Kelvin, przepływającej u stóp pagórka, na którym (się wznosi) uniwersytet Glasgowski, a przydomek według posiadłości Largs, w zachodnio-południowej Szkocji, gdzie spędzał czas wolny od zajęć uniwersyteckich i od podróży. Ród jednak wygaś, gdyż i pierwsze małżeństwo, z Miss Crum i drugie, z córką angielskiego obywatela Blandy, z wyspy Madeiry którą poznał podczas swych wycieczek morskich, pozostało bezdzietne.

Pochodząc z rodziny niezamożnej, dorobił się ~~jednak~~ znacznego, nawet na angielskie stosunki, majątku, po części ~~swymi~~ przedsiębiorstwami kablowymi, po części czynnością ~~jako~~ rzeczoznawcy technicznej <sup>ego</sup>, głównie jednak ~~swymi~~ wynalazkami. Początkowo patentowane jego instrumenty wyrażał mechanik J. White w Glasgowie, później powstała spółka poświęcona wyłącznie wyrobowi tych przyrządów, w której imię



White'a także po tegoż śmierci zostało zatrzymane. <sup>6a</sup> prowadzenia tych interesów Kelvin (się nie usuwał); były one dla niego pewnego rodzaju odpoczynkiem wśród pracy umysłowej; w nich okazał również zadziwiającą rzutkość i praktyczność.

*Many tu jest to* — rzadki niestety — przykład życia <sup>Genjalnego</sup> męża wiedzy, nie potrzebującego pocieszać się tylko nadzieją sławy pośmiertnej, ale zbierającego już za życia obfite plony swej działalności. Symbolem tej sławy jest miejsce, gdzie go pochowano z prawdziwie królewskimi honorami: w Westminster ~~Chapel~~ <sup>Abbey</sup>, panteonie angielskim, wśród królów i największych bohaterów ducha. Jaką zaś czią i jakim uznaniem świat współczesny go otaczał, dowodzi poczet najślawniejszych Akademij, które (go wybrały) swym członkiem.

Wprost niebywały w historii nauk był tryumfalny obchód jego 70-letniego jubileuszu; ~~bo też~~ nie było w nowszych czasach osobistości jednomyślniej na całym świecie uznanej za pierwszą powagę nauki. W roku 1899, gdy zrezygnował z profesury, aby nie tracić łączności z ulubioną instytucją, zapisał się na Uniwersytet Glasgowski, jako »research student«; w r. 1904 po śmierci ówczesnego <sup>Chancellor</sup> (honorowego rektora) tegoż Uniwersytetu, został powołany jeszcze i na to zaszczytne stanowisko.

A jednak, podczas entuzjastycznych hołdów, składanych mu na ~~swym~~ jubileuszu, odezwał się takimi słowami: »Jednym wyrazem tylko mogę scharakteryzować moje życie, słowem: niepowodzenie<sup>?</sup> (failure). Daremne były moje wysiłki. Nie wiem dzisiaj nic więcej o związku elektryczności, eteru, materji, powinowactwa chemicznego, aniżeli wiedziałem i uczyłem studentów moich w pierwszym półroczu mojej profesury!«. <sup>To</sup> ~~były~~ <sup>były</sup> powiedziane z głębi serca; ~~bo to~~ <sup>na</sup> wskrós prawdziwa, prawie dziecinnie szczerza natura ludawać nie umiała. — Cichy tragizm życia <sup>Genjalnego</sup> badacza, życia wypełnionego jedną, wielką, nigdy nie zaspokojoną żądzą: żądzą Prawdy!

L słowa  
↓ Kelvina





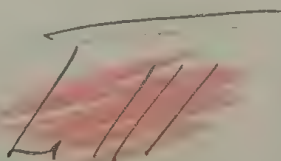






tom III

Odbitka z „Wiadomości Matematycznych”. Tom XV.



M. SMOLUCHOWSKI.

## Ewolucja teorii atomistycznej.

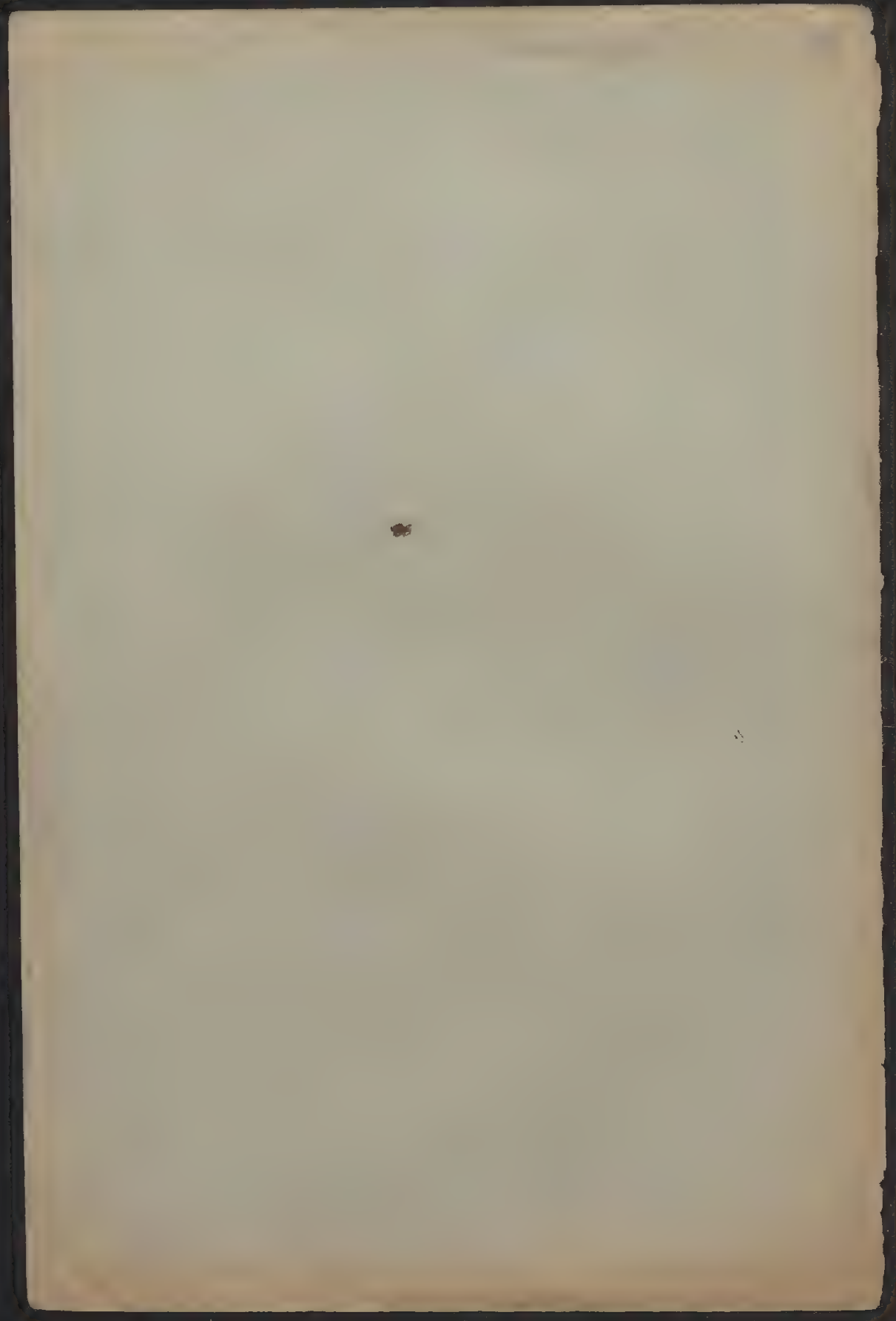
Rzecz czytana na publicznem posiedzeniu Akademii Umiejętności w Krakowie  
w dniu 20 maja 1911 r.

N<sup>o</sup> 2

WARSZAWA.

Druk Rubieszewskiego i Wrotnowskiego, Włodzimierska 3/5.

1911.





Rzecz czytana na posiedzeniu publicznem Polskiej Akademji Umiejętności w dniu 20-gim maja 1911 r. - Rocznik Akademji Umiejętności w Krakowie, rok 1910-11, str. 131-154. - Wiadomości Matematyczne, tom XV, str. 201-216. 1911.

~~A. SMOLUCHOWSKI~~

## II. Ewolucja teorii atomistycznej.

Rzecz czytana na publicznem posiedzeniu Akademii Umiejętności w Krakowie w dniu 20 maja 1911 r.

Chcąc skreślić obraz ewolucji atomistyki, spotykamy się odrazu z wielką trudnością: odkąd datować tę ewolucję, co uważać za narodzin teorii atomistycznej, kogo czcić jako jej twórcę? Utarty zwyczaj każe nam hołd oddawać starogreckim filozofom, zwłaszcza Leukippowi, od którego pochodzi nazwa atomu, oraz Demokrytowi z Abdery (około 400 przed Chr.), figurującemu w naszych podręcznikach jako właściwy ojciec atomistyki.)

Znawcy literatury indyjskiej pouczają nas jednak, że już staro-indyjski filozof Kanada wymyślił system<sup>(1)</sup> filozoficzny Vaiseshika, twierdzący, że wszystko: ziemia, woda i ogień, a nawet czas, przestrzeń, rozum składają się z atomów (nazwanych anu); więc może nawet system greckich filozofów był tylko oddźwiękiem owej nauki indyjskiej. Kto wie, czy nie istnieli jeszcze poprzednicy owych mędrców, o których nawet słuch zaginął?

Czy w tem wszystkim jednak chodzi o atomistykę w znaczeniu teorii naukowej? Przyrodnik dzisiejszy mało znajdzie pożytku w studjowaniu atomistyki greckiej. Dziś nauki ściśle stwarzają teorie i hipotezy, chcąc wytłumaczyć prawa przyrody doświadczalnie poznane, chcąc umo-

<sup>1)</sup> Rocznik Akademii Um. Kraków, 1911.

zliwić nam objęcie umysłem ich zawiłych związków. Owi mędrcy natomiast nie zadawali sobie wcale pracy przedwstępnej, t. j. ścisłego badania praw przyrody; dziwnym nam się dzisiaj wydaje brak zmysłu obserwacyjnego, nawet np. u Arystotelesa. Z wyjątkiem chyba dziedziny Astronomji, zakres ich wiadomości nie wychodził poza naiwne, często zawodne doświadczenia najzwyczajszego życia codziennego. Nie znając zaś przedmiotu, który miał być wyjaśniony, nie mogli tworzyć teorii naukowej, tak jak nie można prowadzić wojny, nie wiedząc, kto jest nieprzyjacielem.

To też Fizyka dzisiejsza lekceważy ową Atomistykę grecką, uważając ją za bezcelowe fantastyczne spekulacje, nie dowiedzione niczem i nie tłumaczące niczego, stojące mało co wyżej od indyjskich i perskich systemów teozoficznych lub od mitologicznych baśni ludów germańskich. Ciekawe są one z pewnością z punktu widzenia filozoficznego i historycznego, mogą objaśnić psychologicznie kiełkowanie poglądów czy wierzeń atomistycznych, ale nie są to teorie naukowe; ~~albowiem~~ nie można przyznać tej nazwy fantastycznym twierdzeniom, podanym bez żadnego uzasadnienia faktycznego.)

(Pod tym względem i dwadzieścia następnych wieków nie zaznało się żadnym postępem, a nawet w pracach Gassendi'ego, Boyle'a, Daniela Bernoulli'ego odnajdujemy ledwie ślady racjonalnego i dzisiejszej metodzie naukowej odpowiadającego uzasadnienia.)

Ze stadium fantastycznej spekulacji przeszła Atomistyka w stadium ścisłej teorii naukowej właściwie dopiero w wieku XIX, kiedy ~~anglik~~ Dalton, w 1805 r., proste liczbowe prawidła, zauważone przy powstawaniu związków chemicznych, wytłumaczył łąčeniem się niezmiennych atomów w pewne grupy, molekuly czyli ~~probin~~, które od czasu Berzeliusa 1820 r. wyrażamy znanymi formułami chemicznymi; ~~kt~~ kiedy ~~Avogadro~~ Avogadro w 1811 r. z przemian chemicznych gazów wywnioskował, że (takich ~~drobin~~ w danej objętości) wszystkie gazy zawierają jednakowe liczby (naturalnie w jednakowych warunkach temperatury i ciśnienia). Dziś, nawiasem mówiąc, znamy tę liczbę, wynosi ona w zwykłych warunkach około trzydziestu trylionów ~~probin~~ na centymetr sześcienny. ~~gasa~~.

Z Chemji przeszczepiona ~~do~~ Fizykę, teoria atomistyczna dopiero wtedy rozkwitła prawdziwie, gdy przekonanie utorowało sobie drogę, że ciepło polega na ruchu ~~tych drobin~~ i atomów i gdy z tego punktu widzenia nauczono się rozumieć naczelną zasadę ~~Fizyki~~ fizyki nowoczesnej: zasadę



zachowania energii. Odtąd założenie o atomistycznej budowie materji jest związane nierozdzielnie z przypuszczeniem bezustannego ruchu cząstek składowych, odtąd atomistyka w fizyce jest teorią atomów ruchomych, jest teorią kinetyczną.

Wiadomo, że Clausius, Maxwell i inni zdołali na tych podstawach nie tylko wytłumaczyć empirycznie poznane właściwości gazów, wyprowadzić prawa matematyczne, dotyczące ich ściśliwości, rozszerzalności cieplnej, przewodnictwa cieplnego, lepkości, dyfuzji i t. p., ale że zdołali nawet przepowiedzieć na podstawie rachunku teoretycznego ~~cały~~ szereg zjawisk, które dopiero a posteriori doświadczalnie sprawdzono.

Takim tryumfem teorii kinetycznej było np. stwierdzenie faktu, że lepkość gazu nie zależy ~~wcale~~ od jego stopnia rozrzedzenia, oraz ~~określe~~ *obliczenie* ciepła właściwego pary rtęci, jako gazu jednoatomowego. Tak w 80 lat po Daltonie teoria atomistyczno-kinetyczna zdawała się jak najsilniej ugruntowana, jako jedyna bez rywalki teoria, tłumacząca w prosty sposób szeroki zakres zjawisk fizycznych i chemicznych; ~~rozpoczęła~~ *rozpoczęła* nawet nową fazę rozwoju, wyjaśniając właściwości cieczy, jak to przedtem uczyniła dla gazów, gdy przeciwko niej podniosła się fala reakcji.

Jakież były motywy opozycji przeciwko atomistyce? Wynikły one po części z ogólnych poglądów filozoficznych, po części z konkretnych rozumowań naukowych. Przysnać trzeba przedewszystkiem, iż nie jest to jeszcze dowodem prawdziwości ~~teorii~~ hipotezy, że ona tłumaczy szereg faktów; ~~może~~ *może* dałoby się znaleźć jeszcze inne wytłumaczenie. ~~Mach~~ *Mach* i Ostwald sprzeciwiali się wogóle wprowadzeniu do fizyki hipotez, nie dających się udowodnić, jak hipotezy o istnieniu atomów. Widzieć tak małych ciałek oczywiście nie możemy, tem mniej ruchów ich dostrzec nie można. Nauka powinna być ścisła, powiadali, wyrzucmy zatem z niej wszystko, co jest problematyczne, co traci metafizyką lub antropomorfizmem, oczyszczajmy ją od hipotez.

Mach nazywa atomistykę hipotezą naiwną, dziecinną, a co najmniej zbytęczną. ~~Ostwald~~ *Ostwald*, potępiając wszelkie pokusy stworzenia obrazu czy modelu przyrody, głosi ideał „einer hypothesenfreien Wissenschaft“. Dokonał on istotnie niemałej sztuki w swym podręczniku Chemji, wykładając zarys Chemji nowoczesnej bez używania pojęcia atomu lub ~~drobiny~~ *cząsteczki*. Co prawda, książka ta sprawia wrażenie bardzo sztucznie prowadzonej konwersacji, w której umyślnie unika się pewnych, za „shocking“ uważanych słów, które ~~ogromnie~~ *ogromnie* uproszczyłyby i ułatwiłyby całą dyskusję, gdyby ich wolno było używać.

6 gorsza, unikając tak starannie wszystkiego, co jest związane z hipotezą atomistyczną, Ostwald nie spostrzega, ile ~~on~~ sam hipotezę wprowadza, tłumacząc wszystkie zjawiska chemiczne i fizyczne jako objawy pewnych energii, którym przypisuje byt realny. To jest szczególnie charakterystyczny i równocześnie odpowiedź na owe zarzuty. ~~Do~~ Czyż można się obejść bez hipotez w życiu codziennem czy w nauce? Hipotezą nawet jest to, że jutro znów będzie nowy wschód słońca; tak samo twierdzenie, że ~~my~~ wszyscy kiedyś umrzemy. ~~A~~ Tak samo w nauce: ani kroku zrobić nie można bez oparcia się o hipotezy. ~~A~~ Hipotezy i teoryje, nawet takie, w których obiektywną rzeczywistość wcale nie wierzymy z jakiegobądź powodu, są doniosłym postępem, jeżeli ułatwiają nam objęcie myślowe szeregu zjawisk i jeżeli doprowadzają ~~nas~~ do nowych faktów, jak właśnie Atomistyka.

Z drugiej strony odzywały się wówczas też ~~na nowo~~ pewne zarzuty, od dawien dawna podnoszone przez niektórych filozofów [patrz np.: Stallo (Begriffe u. Theorien d. modernen Physik)]. Czy teoryja atomistyczna nie polega właściwie na tem, co nazywamy „tłumaczeniem w kółko”? Wszak bezwładność materji sprowadzamy do bezwładności atomów, sprężystość ciała uważamy za skutek spotkań sprężystych atomów, wogóle, jak Lord Kelvin (z pewną może przesadą) powiedział: „atomistyka nie wytłómaczy żadnej właściwości materji, w którą poprzednio już (atomów nie) ubierzemy”. ~~Więc~~ Nie jest że ~~t~~ t. zw. circulus vitiosus? Zarzut ten był może słuszny wobec spekulacji mędrców greckich, ale nie wobec Atomistyki współczesnej; jej celem nie jest ~~wcale~~ wytłómaczenie istoty masy, istoty siły i t. d., ~~tylko~~ wytłómaczenie formy matematycznej prawideł natury. Chodzi o to, że sprężystość gazów właśnie stosuje się do prawa Boyle-Charles'a czy Van der Waalsa, a nie do innej formuły pomyśleć się dającej. Tak malarzowi skład chemiczny farb używanych jest obojętny, a chodzi tylko o oddanie za ich pomocą barw i kształtów przedmiotów widzianych.

Owe zarzuty (zatem) polegają właściwie tylko na nieporozumieniu co do zadania i celu teoryj fizycznych. ~~Wiele~~ poważniejszy od nich jest jednak zarzut podniesiony ze strony Fizyki matematycznej, dążący w samo sedno, w zasadnicze pojęcia Atomistyki, który, gdyby (się okazał) słuszny, musiałby obalić całą tę teoryję. Chodzi o to: pomijając wszystkie kwestyje specjalne co do własności atomów, odnajdujemy jedną zasadniczą myśl, wspólną wszystkim jakkolwiek ~~skonstruowanym~~ nowoczesnym teoryjom

zbudowanym

[mewidziania

[atomistyka

[lecz



atomistycznym: ~~to~~ prawa przyrody uważamy za rezultat tego, co ~~ma~~ dzieje] z pojedynczymi atomami, więc za wynik niezmiernie wielkiej liczby zdarzeń indywidualnych, z których każde podlega wpływom przypadkowym, ale które w całości swej ujawniają pewne prawidłowości.)

(Metoda rozumowania jest zatem ta sama, jak w naukach społecznych: metoda statystyki, związana z pojęciem prawdopodobieństwa. Tak samo jak socyolog obliczający przyrost liczby ludności, jak matematyk zajęty w towarzystwie asekuracyjnym, jak bankier domu gry w Monte Carlo, fizyk-atomista opiera swe kalkulacje na ocenie prawdopodobieństwa.

Jeżeli to wszystko jest słuszne, jeżeli właściwości ciał materialnych są istotnie wynikiem t. zw. prawa wielkich liczb, to przecież, oprócz zdarzeń zwykłych, prawdopodobnych, muszą (się także przytrafić) przypadki wyjątkowe, mniej prawdopodobne, a nawet najnieprawdopodobniejsze; ~~w~~ tak samo jak zdarza się ~~razem~~, że ktoś wbrew tablicom śmiertelności dożyje wieku wyjątkowego, albo też graczowi hazardowemu sprzyja wyjątkowe szczęście.)

Gdzie ~~to~~ w Fizyce przykłady dowodzące zrzucenia ślepego losu, takie zboczenia od normalnego, przeciętnego przebiegu rzeczy?

Rozważmy przykład specjalny. Powiadamy, że ciepło polega na przypadkowych, nieregularnych ruchach ~~Atombil~~. Jeżeli to prawda, jeżeli są przypadkowe, to przypadek ~~ma~~ zrzucić może, że wszystkie ~~Atombil~~ ciała ciepłego skierują swe prędkości w tę samą stronę, to znaczy, że owo ciało samodzielnie (się poruszy) z miejsca, wskutek wewnętrznego swego ruchu cieplnego.)

(Czy widziano kiedykolwiek coś podobnego? Wszak (to) byłaby jaszkrawa sprzeczność z empirycznie stwierdzoną drugą zasadą Termodynamiki, wykluczającą możliwość samodzielnego przetwarzania się ciepła w energię mechaniczną. Gdyby takie zjawiska mogły (się odbywać), można by zbudować „perpetuum mobile“, dające nam bezustannie energię ruchu kosztem ciepła pobranego z otoczenia.

Podobnie ~~to~~, jeżeli od przypadku zależy miejsce atomu wśród gazu wypełniającego naczynie, wówczas zaprzeczyć nie można możliwości, ażeby gaz sam z siebie cofnął się w jedną część naczynia, pozostawiając resztę pustą; ~~to~~ tak samo też mieszanina dwóch substancyj, powiedzmy azotu i tlenu, mogłaby automatycznie rozdzielić się na czysty azot i czysty tlen.

*H niekie dy*

*H czysteńsk*  
*X czysteńsk*

Holbrymiej

Zarzuty te, dające się także ująć w formę matematyczną, jako sprzeczność z zasadą wzrastania entropji, stanowiły poważną trudność dla teorii kinetycznej. Boltzmann, wielki propagator teorii kinetycznej, starał się udowodnić matematycznie, że wobec ~~kolosalnej~~ liczby atomów przeciętne zboczenia zjawisk od przebiegu normalnego nie będą w praktyce dostrzegalne, mimo, że będą się wydarzały, ale wybieg ten nie trafił przeciwnikom do przekonania.)

(Boltzmann ~~ze smutkiem powiada~~ w przedmowie do podręcznika teorii kinetycznej, wydanego w latach 1895—1898, że teoria kinetyczna „wyszła z mody“, a jako cel swego podręcznika podaje: uratowanie od zapomnienia tego, co już jest znane, aby nie potrzeba było tego kiedyś drugi raz na nowo odkrywać)

Jakże zmieniły się poglądy w ciągu następnego dziesięciolecia! Przedewszystkiem pokazało się, że to, co wówczas uważano za niemożliwe, za sprzeczne z termodynamiką, istotnie doświadczalnie może być wykazane. ~~4~~ Nie chodzi tu o ~~jakies~~ zjawiska zupełnie nowe, ~~tylko~~<sup>też</sup> o rzeczy dawno odkryte, które do tego czasu nie były rozumiane, a które teraz z tego punktu widzenia nauczono się pojmować.

Już w roku 1827 angielski botanik Brown zauważył, że każda mikroskopijnie drobna cząstka jakiegobądź materiału, unosząca się w cieczy, wykonywa drobne ruchy nieregularne, widoczne przy użyciu silnie powiększającego mikroskopu; ~~4~~ sam Brown nawet już wówczas nazwał to „ruchem molekularnym“, nie motywując zresztą bliżej tego określenia. Nazwa ta pozostała, ale pogląd przez nią wyrażony później z różnych powodów porzucono; wogóle żadnych dokładniejszych badań nad tem zjawiskiem nie wykonano, mimo, że każdy przyrodnik obserwował je odtąd tysiące razy przy pracach mikroskopijnych i mimo, że później, w r. 1882-<sup>im</sup>, Bodaszewski zwracał uwagę na podobne ruchy, wykonywane bezustannie przez drobne cząstki dymu unoszącego się w powietrzu. W grubych wielotomowych encyklopedjach i dziełach fizycznych — ~~jeżeli~~<sup>jeżeli</sup> wyszły przed rokiem 1906 — nie znajdziemy ~~ani~~ wzmianki o istnieniu ruchu Browna; trzeba wówczas było robić formalne poszukiwania bibliograficzne, chcąc sobie o nim wyrobić zdanie na podstawie literatury naukowej; oficjalna nauka o nim zapomniała. *Wówczas*)

~~Wtedy~~ (dopiero fizycy teoretycy zwrócili nań uwagę, dowodząc przy pomocy analizy matematycznej, że wszystko, co wiedziano o ruchu Browna, wielkość przesunąć, zależność ich od rozmiarów cząstek poru-



szających się oraz ~~z~~<sup>od</sup> rodzaju ośrodka, najzupełniej zgadzało się z tem, co na podstawie teorii atomistyczno-kinetycznej można było przewidzieć.

~~Od~~<sup>ego do niego</sup> tego czasu badania doświadczalne szeregu eksperymentatorów stwierdziły te wnioski ponad wszelką wątpliwość. Nawet zacięty przeciwnik Atomistyki, Ostwald, sam w roku 1908 uznał się <sup>za</sup> ~~dotychczas~~ nawróconym przez tak oczywiste dowody, jak ruchy Browna oraz pewne zjawiska, o których dalej będzie mowa: „Ich habe mich überzeugt, dass wir seit kurzer Zeit in den Besitz der experimentellen Nachweise für die diskrete oder körnige Natur der Stoffe gelangt sind, welche die Atomhypothese seit Jahrhunderten, ja Jahrtausenden vergeblich gesucht hatte“. Z chwilą, kiedy przywódca szkoły energetycznej i antyatomistycznej z tak podziwu godnem zaparciem się siebie uznał słuszność sprawy, przez wiele lat namiętnie i wytrwale przez siebie zwalczanej, ucichła ~~wszelka~~ opozycja przeciwko teorii, którą dziś się zajmujemy.

Konsekwencye badań nad owemi mikroskopijnie drobnemi ruchami sięgają ~~istotnie~~ bardzo daleko. Sprzeczność między Atomistyką a Termodynamiką wyjaśniła się, ale w ten sposób, że pierwsza z nich zwyciężyła, a druga uznana została za regułę tylko przybliżenie ważną, tylko w grubszych zarysach obowiązującą. Ruch Browna jest takiem „perpetuum mobile“ w bardzo małych zresztą rozmiarach, jakiego istnienie dawniej uważano za niemożliwe.)

(W praktyce wprowadzić wytwarzanie tym sposobem użytecznej energii, kosztem ciepła otoczenia, na razie nie posiada widoków powodzenia wobec dzisiejszych środków technicznych. Ale jeżeli coś zależy tylko od wydoskonalenia środków technicznych, to trudno się wyrzec nadziei urzeczywistnienia w przyszłości. Chodzi w tym przypadku tylko o zbudowanie przyrządu, który tak umiejętnie korzystał z wahaniasię ślepego przypadku, jak to czyni np. loterya liczbowa, przysparzająca rokrocznie państwu stałego dochodu. Przyznam się zatem, że osobiście zbudowania t. zw. perpetuum mobile („drugiego rodzaju“) wcale nie uważam za niemożliwe; dzisiaj jest już więcej takich fizyków, których do niedawna poczytano by za utopistów i heretyków.

Nadzwyczajnie ważną konsekwencyą jest ~~wogóle~~ stwierdzenie roli przypadkowości w przyrodzie. ~~Wszak~~ <sup>Wszak</sup> Przypadkowe uderzenia ~~drobnie~~ wytwarzają owe ruchy Browna, tak dziwacznie zygzakowate, które Gouy trafnie porównał do ruchu mrówek koło mrowiska. ~~A~~ <sup>Je</sup> samo ~~daleko się~~ też wykazać w pewnych innych zjawiskach.

7 tych badań

można było

crystalizacji

H cząsteczka  
H cząsteczki

Jak już poprzednio wspominaliśmy, przypadkowe okoliczności określają miejsce, które ~~cząsteczka~~ zajmuje chwilowo wśród całego zbiorowiska. Dlatego ~~też~~ nie można przypuścić, żeby ~~cząsteczka~~ gazu lub cieczy były rozmieszczone całkiem regularnie, równomiernie; powinny występować miejscami przypadkowe nagromadzenia, a miejscami rozrzedzenia. Wnio-  
ski, dotyczące tych przypadkowych nierównomierności, zostały stwierdzo-  
ne przez Svedberga przez liczenie cząstek ultramikroskopijnych w ko-  
loidalnych roztworach.)

(Pojedynczych atomów i <sup>cząsteczek</sup> ~~drobin~~ zwykłych substancyj naturalnie na-  
awet w nowoczesnych ultramikroskopach widzieć nie można, ale można  
~~przez~~ skonstatować obecność ich nagromadzeń miejscowych, na pod-  
stawie zjawiska opalescencji, zbadanego po raz pierwszy przez Tyn-  
dalla.)

(Chodzi tu o zjawisko powszechnie znane: ~~to~~ promień światła, wpa-  
dający w ośrodek mętny, np. w wodę zaprawioną kilkoma kroplami mle-  
ka, staje się widoczny wskutek rozpraszania światła na owych mętach,  
podobnie jak pyłki unoszące się w powietrzu uwidoczniają drogę promie-  
nia słońca, wciskającego się przez szparę do ciemnego pokoju. Jeżeli  
cząstki mętów są bardzo drobne, wówczas światło ~~to~~, uginane w kierunku  
bocznym, zawiera przedewszystkiem barwy niebieskawe, a promień prze-  
chodzący przez ~~owo~~ środowisko mętne posiada barwę żółtawo-czerwonawą.)

(Takiem mętne środowiskiem jest np. także minerał zwany opa-  
lem. Stąd pochodzą ~~owo~~ delikatne zabarwienia opalu, niebieskawe i czer-  
wonawe, stąd też pochodzi nazwa opalescencji.)

Otóż zjawisko to występuje także w gazach, w bliskości punktu  
krytycznego (oraz w roztworach, w t. zw. krytycznym punkcie rozpu-  
szczalności) i dowodzi pewnej, że tak powiem, ziarnistości ośrodka, po-  
chodzącej z owych przypadkowych zgromadzeń ~~drobinowych~~, które  
w punkcie krytycznym szczególnie silnie muszą się uwydatniać.)

↓ cząsteczkowych

(W zwykłych warunkach gazy okazują także zjawisko opalescencji,  
choć w stopniu znacznie słabszym, tak że staje się ono widoczne dopiero  
w bardzo grubych warstwach. Jednak każdy z nas obserwował je nie-  
liczoną liczbę razy, gdy podziwiał błękit nieba lub żar wschodzącego  
słońca. Gdyby powietrze było środowiskiem zupełnie przezroczystym  
i jednorodnym, niebo także za dnia musiałoby być czarne, i tylko temu,  
że jest ono do pewnego stopnia ośrodkiem mętym, zawdzięcza niebo  
swoją jasność i błękitną barwę.)





zjawisk przyrody jest tylko pozorem, jest tylko statystycznym wynikiem prawa wielkich liczb. Stosuje się to przedewszystkiem do ~~Termodynamiki~~ Termodynamiki, ale niewątpliwie z czasem niejedno jeszcze inne prawo Fizyki ulegnie podobnie temu samemu losowi. Zasadniczą metodą rozumowania w naukach ścisłych stanie się rachunek prawdopodobieństwa, mimo, że podstawowe pojęcia tej gałęzi Matematyki, jak np. pojęcie przypadku, do dziś dnia nie są jeszcze wyjaśnione zupełnie zadawajaco. Wobec perspektywy tych komplikacji odczuwamy tem żywiej bolesną skargę Fouriera: że przyroda tak zupełnie obojętna (jest) na trudności, które sprawia matematykom.

Mówiąc o uzasadnieniu samych podstaw teorii atomistyczno-kinetycznej, wspomnieć trzeba jeszcze o innym rodzaju zjawisk, stanowiącym również argument zasadniczy na jej korzyść. Jeżeli materja jest ciągła, bez struktury, wtedy każda jej część będzie posiadała te same właściwości jak całość; jeżeli jednak posiada strukturę atomistyczną, jeżeli zatem właściwości jej są wynikiem oddziaływania wzajemnego wielkiej liczby atomów ~~bez drobin~~, wtedy warstwy cienkie, których grubość odpowiada strefie działania jednej ~~drobiny~~, muszą się zachowywać odmiennie, niż materja w całości. Podobnie np. kawał płótna odznacza się zupełnie inną rozciągliwością niż pojedyncze włókno; piasek w worku jest sypki, podatny, podczas gdy pojedyncze ziarno jest twarde, niepodatne.

Która z tych dwóch alternatyw zachodzi, o tem stosunkowo łatwo można (się przekonać) w przypadku gazów, gdyż w gazach ~~drobiny~~ znajdują się w stosunkowo znaczniejszych odstępach i wskutek tego ruchy ich są pokaźniejsze. Sferą działania każdej ~~drobiny~~ jest nie tylko to miejsce, które ona faktycznie zajmuje w danej chwili, lecz miejsce, dokąd sięga bezpośredni wpływ jej ruchów, t. zw. swobodna droga ~~drobinowa~~; tak samo jak sferą działania zręcznego tenisisty jest nie tylko przestrzeń zajęta przez jego ciało, lecz obręb jego ruchów i skoków. Ten odstęp, określający obręb ruchów ~~drobin~~, wynosi w powietrzu w zwykłych warunkach  $\frac{1}{10000}$  milimetra, ale wzrasta w miarę rozrzedzenia powietrza, tak, że w powietrzu rozrzedzonym staje się wygodnie dostępną dla bezpośrednich doświadczeń.

Coż było rezultatem tych doświadczeń? Wykazały one prawie namacalnie słuszność teorii kinetycznej, gdyż w tak cienkich warstwach gazów zjawiska lepkości, przewodnictwa cieplnego, a nawet prężności gazowej przebiegają istotnie w całkiem odmienny sposób niż w grubych war-

podobnie temu samemu

H drobiny  
H cząsteczek  
H cząsteczek

H cząsteczek  
H cząsteczek

H cząsteczek



stwach gazu, i to w sposób ~~także~~ ilościowo ~~najdokładniej~~ zgodny z przewidywaniem teoretycznym <sup>1)</sup>.

Dotychczas omawiałem obszerniej ~~te~~ badania ostatnich kilkunastu lat, które stanowią bezpośrednie umocnienie ~~samej~~ podstaw teorii o atomistycznym składzie materii i odparcie zarzutów przeciwko niej podnoszonych. Może jeszcze ~~też~~ jednak przyczyniły się do powszechnego H. hartwig jej uznania w ostatnich czasach postępy na innym polu fizyki, które pociągnęły za sobą olbrzymie rozszerzenie zakresu atomistyki i w następstwie głęboko idące w niej przemiany.

Wiadomo ~~mimo to~~, że dziś na całej linii zwyciężył pogląd, że elektryczność nie jest także fluidum ciągłym, jak dawniej mniemano, lecz że posiada strukturę atomistyczną, że jest złożona z ~~jakiś~~ cząstek elementarnych, zwanych elektronami. Pogląd ten, początkowo nieśmiało wygłaszany przez Crookesa, Helmholtza, J. J. Thomsona, Lorentza, jako hipoteza ~~najpełniej~~ przeciwna ówczesnym tradycyjnym zapatrywaniom, okazał się do tego stopnia zwycięskim w tłumaczeniu nowo odkrytych zjawisk promieniotwórczości, zjawiska Zeemana i t. p., a równocześnie tak świetnie wyjaśniał różne problemy dawniejszej ~~nauki~~, że w ciągu kilku lat (1896—1902) został niemal jednogłośnie przyjęty.)

(Chcąc podać powody i dowody, trzeba by przedstawić niemal cały dorobek naukowy ostatnich kilkunastu lat, tak wszystko wiąże się na tej podstawie w jedną całość logiczną. Rozwój nauki w takich chwilach przypomina ową zabawkę dzieciinną, polegającą na składaniu deszczulek powycinanych w rozmaite figury z obrazkami naklejonemi. Długo trzeba próbować, aż się znajdzie kilka kawałków do siebie należących, ale gdy raz początek jest zrobiony, dalsze deszczułki niejako automatycznie do nich się dołączają; ~~to~~ to jest cechą charakterystyczną dobrej teorii naukowej, że ona odrazu w nowym świetle przedstawia szereg pozornie różnorodnych zjawisk, wykazując ich prostą wewnętrzną łączność.

Szczegół dla naszego tematu najdonioślejszy jest ten, że różne drogi argumentacji zniewalają nas zgodnie do ~~przyjęcia~~, iż cząstki ujemnej elektryczności, krótko mówiąc elektrony, posiadają masę tysiąc razy H. załozenia

<sup>1)</sup> Wypowiedziałem kiedyś twierdzenie, że ~~też~~ prawa dyfuzji muszą również być odmienne w tak cienkich warstwach, a wydaje mi się to pewne, że ~~dotychczas jeszcze nie zajęłem się sprawdzeniem doświadczalnem~~

mniejszą od masy atomu wodoru i nabój elektryczny wynoszący mniej więcej  $4,8 \cdot 10^{-10}$  jednostek elektrostatycznych. Ażeby sobie uprzytomnić małość tych atomów elektrycznych, zważmy, że przez zwykłą żarówkę musi ich przepływać co sekundę koło 10 tryljonów.)

(Nie jest-że to zdumiewające, że jednak tak nadzwyczajnie drobne cząstki elektryczności są dostępne naszym pomiarom; że można je odosobniać nie i nad nimi wykonywać doświadczenia. [Wskutek takich doświadczeń przed kilkoma miesiącami właśnie teoria elektronowa przechodziła ciężkie przesilenie, gdy Ehrenhaft, mierząc naboje elektryczne drobnych cząstek metali, rozpylonych <sup>przez</sup> tukiem elektrycznym w powietrzu, znajdował naboje najrozmaitszych wielkości, nawet, znacznie mniejsze, niż ów jakoby niepodzielny nabój elektronowy. Wydoskonalone znacznie doświadczenia Millikana oraz Regenera wykryły jednak pewne wadliwości ~~tych~~ pomiarów] i stwierdziły dobitnie, że istnieją tylko naboje ~~owej~~ wielkości, lub 2, 8, 4 i t. d. razy ~~jak duże~~, ~~ale~~ że nie istnieją wartości ułamkowe, więc elektrony występują istotnie jako jednostki niepodzielne. Wyniki Ehrenhafta były zatem błędne; uzyskano wyraźny bezpośredni dowód niepodzielności elektronów].

Rzućmy teraz okiem wstecz, na zmiany naszych poglądów na istotę atomu, spowodowane przez wszystkie odkrycia, które właśnie omawialiśmy. Bodaj czy nie jedyną cechą charakterystyczną dawnej ~~atomistyki~~, która do dziś dnia przetrwała, nie wywoławszy ~~nowej~~ dotychczas gruntownej dyskusji ~~co do swego uzasadnienia~~, jest pogląd, że wszystkie atomy pierwiastka chemicznego są sobie ~~najzupełniej~~ równe, że są według wyrażenia Herschela: „jakby towarem fabrycznie sporządzonym“.

Jaki to jest towar? Dawniejsi fizycy, jak Clausius, wyobrażali sobie atomy ~~jak drobne~~ jako ziarna materji, jako niezmiennne ciała twarde w rodzaju kul bilardowych; // dziś jeszcze z poglądem takim co chwila się spotykamy, zwłaszcza w dziedzinie Chemii. Niektórzy nie tylko obliczają objętości tych atomów, ale wnioskują ~~stad~~ też o gęstości ich substancji. Dochodzi się przytem jednak do ~~tych~~ sprzeczności; ~~to~~ zależnie od temperatury i innych okoliczności wynikają wartości różne, jak gdyby objętość tych ziarn była zmienna.)

(Dlatego też dawno już, ~~to~~ w roku 1866, Maxwell <sup>wystąpił</sup> przeciwko temu pojęciu ~~wystąpił~~ i (po części odnawiając poglądy atomistyczne Boscovicha, jezuity, dalmatyńczyka, urodzonego 1711 r. w Raguzie) wygłosił hipotezę, że ~~drobiny~~ raczej uważać należy (za punkty materialne

(cząsteczki)

Ehrenhafta  
H większe

Urodanej

L Sciele

H i cząsteczki



bez rozciągłości, działające na siebie siłami odpychającymi przy zbyttniem zbliżeniu. Dzisiaj mamy dowody ~~zupełnie~~ <sup>racjonalnie</sup> oczywiste, że atomy nie mogą być twardymi ziarnkami materji; wszak t. zw. promienie katodowe, a zwłaszcza promienie  $\beta$ , składające się z elektronów, wystrzelonych z wielką prędkością, na wskrós(~~przez nie~~ <sup>przez nie</sup> ~~przenikają~~) i tylko w nieznacznej części ulegają rozpraszaniu. Co więcej, ~~takie~~ <sup>ten</sup> promienie  $\alpha$  (~~są to~~ <sup>są to</sup> atomy helu, zaopatrzone nabojem elektrycznym dodatnim i wystrzelone przez ciała promieniotwórcze z prędkością kilku tysięcy kilometrów na sekundę) przechodzą na wskrós przez atomy innych substancyj.

Cóż ~~to~~ <sup>się</sup> stało, ~~nawiasem wspominając~~, z tradycyjną legendą o nieprzenikliwości materji, jako jednej z zasadniczych jej właściwości! Nie chodzi tu ~~bowiem~~ <sup>o</sup> przenikanie atomów, ~~jednych~~ <sup>jednych</sup> przez przestrzeń wolną pomiędzy innemi (jak przy dyfuzji), lecz o przenikanie jednych na wskrós przez drugie. ~~Naturalnie~~ <sup>Naturalnie</sup> ~~uda~~ <sup>uda</sup> się to tylko wtedy, gdy jedno na drugie rzucimy z tak olbrzymią prędkością, jak w owych wyżej powołanych przypadkach; ~~to~~ <sup>to</sup> inaczej siły odpychające przeszkodzą zbyttniemu zbliżeniu. W nadzwyczajnie ~~ciężkich~~ <sup>ciężkich</sup> badaniach Geiger zdołał wykazać, że ~~ta~~ <sup>ta</sup> cząstka  $\alpha$ , przechodząc przez ~~jeden~~ <sup>jednego</sup> atom złota, odchyła się od pierwotnego kierunku przeciętnie tylko o ~~jedną~~ <sup>jedną</sup> ~~dwóchsetną~~ <sup>dwóchsetną</sup> część stopnia. Materja musi zatem posiadać budowę nadzwyczajnie wiotką i przezroczystą, na kształt chmury, a nieprzenikliwość jest tylko pozorem, pochodzącym od sił między cząstkami działających.

Dzisiaj ~~porzuciliśmy~~ <sup>porzuciliśmy</sup> także hipotezę, że atomy są punktami materjalnemi, wywierającymi pewne siły, jako zbyt prostą. ~~Wszak~~ <sup>Wszak</sup> atomy nie mogą być czemś jednolitem, prostem; ~~tylko~~ <sup>tylko</sup> muszą posiadać jeszcze budowę wewnętrzną z ~~jakiś~~ <sup>jakiś</sup> części składowych złożoną; ~~(to wskazują)~~ <sup>(to wskazują)</sup> przede wszystkim zasadnicze fakty analizy widmowej, jak złożoność widma pierwiastków chemicznych, a ~~to~~ <sup>to</sup> ~~Przypuszczenie~~ <sup>Przypuszczenie</sup> ~~stało się~~ <sup>stało się</sup> pewnością, gdy zjawiska promieniotwórczości dowiodły, iż atomy pewnych substancyj, jak uranu, radu, polonu, toru i t. d. z czasem samodzielnie ~~się rozkładają~~ <sup>się rozkładają</sup>, że one ~~się rozpadają~~ <sup>się rozpadają</sup>, kruszeją z czasem jak ~~jakaś~~ <sup>jakaś</sup> budowa chyląca się ku ruinie, a przytem okrucy odpadające ~~(to są)~~ <sup>(to są)</sup> owe cząstki naelektryzowane, stanowiące promienie  $\alpha$  i  $\beta$ .

Po okrucach poznać można, z czego budowa się składa. Cóż więc naturalniejszego niż przypuścić, że to są właśnie owe cegielki, z których atomy są wybudowane. ~~W~~ <sup>W</sup> jaki sposób ta budowa jest skonstruowana, to na razie jeszcze nie jest wyjaśnione. Trudność polega na tem, że

[ równie z  
zatem

[ atomami

[ zajmujących

atom elektrycznie neutralny musi zawierać równie wiele dodatniej jak ujemnej elektryczności; <sup>H drobna</sup> znamy obecnie wprawdzie dokładnie atomy ujemnej elektryczności, owe elektrony, których masa jest ~~znacznie~~ częścią masy atomu wodoru, ale <sup>H przypuścić</sup> wiele bardziej zagadkowa jest istota dodatniej elektryczności, gdyż w promieniach  $\alpha$  występuje tylko w porcjach stosunkowo dużych i nie dała się dotychczas rozdzielić na ~~tak~~ drobne cząstki.

Początkowo przypisywano ~~całą~~ bezwładność atomów elektronom ujemnym, musiano zatem ~~przyjąć~~, że tysiące ich są zawarte w jednym atomie. Obecnie różne badania z zakresu promieniowania wskazują, że liczba elektronów ruchomych i udział biorących w zjawiskach optycznych jest stosunkowo mała. <sup>Wiele</sup> Powstaje kwestya, czy przeważna część elektronów jest we wnętrzu atomu tak sztywnie przygwożdżona, że nie wchodzi w rachubę w owych zjawiskach, czy też wogóle liczba elektronów w atomie zawartych jest mała, <sup>co</sup> ~~co~~ <sup>się</sup> zgadzało <sup>być</sup> z wynikami badań Sir J. J. Thomsona i Crowthera nad rozpraszaniem promieni  $\beta$  przez materję. W takim ~~razie~~ bezwładność atomu musiałaby pochodzić głównie z jego elektryczności dodatniej. <sup>zamyśle; obmyśle-</sup>

Na tle tych zagadnień wyrosły nadzwyczajnie ~~ciekawe~~ <sup>zamyśle; obmyśle-</sup> próby ~~stwierdzenia~~ modelu atomu, podjęte przez Thomsona i Starka. Fantastycznymi mogą <sup>się</sup> wydawać uczonym starej szkoły takie spekulacje, ale nie są one bezpłodne. Przeciwnie, każdy niemal zeszyt „Philosophical Magazine” przynosi nam wiadomość o nowych odkryciach, tą drogą rozumowania dokonanych; to daje nam wiarę w ich wartość realną.

<sup>|| obecnie,</sup> Z jakim entuzjazmem uprawiane są dzisiaj spekulacje atomistyczne, świadczy o tem jeszcze jeden szczegół. ~~Wszak obecnie~~ <sup>Wszak obecnie</sup> Pierwszorzędni fizycy rozważają ~~pytkiem na serwo~~, czy energia nie składa się może z ~~małych~~ <sup>małych</sup> cząstek elementarnych. Czy w przyszłości podziwiać będziemy genialność tych twórców teorii o istnieniu atomów energii, czy też potępić wybrki lekkomyślnego dziwactwa, któż dzisiaj przewidzi? I w nauce, jak na wojnie, rozstrzyga o sławie nie tyle zasługa, ile powodzenie.

Gdy rozważamy ~~o~~ ostatnią fazę Atomistyki z ogólniejszego punktu widzenia, nasuwają się ~~nam~~ dwie ogólne uwagi. Po pierwsze, że tryumf Atomistyki równocześnie wykazał niedorzeczność słowa „atom” (niedziałka), albo raczej wadliwość dawniejszego pojęcia atomu, gdyż atomy chemiczne okazały się złożonymi i podzielonymi. Dlatego też ~~supelnie~~ świadomie wystrzegalem się dzisiaj podania wyraźnej definicji pojęcia atomu,



gdyż definicje dawniejsze byłyby dzisiaj ~~całkiem~~ nieodpowiednie. Zaznaczyć wypada tylko, że za zasadniczą myśl atomistyki uważamy dziś w fizyce hipotezę o strukturalności, o złożoności materji lub elektryczności z części oddzielnych, a nie zastrzegamy się bynajmniej, czy te części odrębne, owe atomy, elektrony, owe „archiony” Starka, nie są jeszcze czemś złożonem z cząstek prostszych.

*Powstaje*, Po drugie przejawia się w tej dziedzinie tendencja nowoczesna tłumaczenia zjawisk materialnych przez zjawiska elektryczne, tendencja antymaterialistyczna, albo — może wolno mi będzie ukuć ~~słowo~~ — „elektrystyczna”. Podczas gdy dawniej próbowano zrozumieć zjawiska elektryczne, interpretując je jako rodzaj ukrytych ruchów eteru, dziś nawet hipotezę o istnieniu eteru <sup>awary</sup> zaczyna uważać za ~~zbyteczną~~, przestarzałą przesadę; w tem, co nazywamy właściwościami materji, upatrujemy objawy zjawisk elektrycznych. ~~Nauka ma swoje szersze powody, którymi się kieruje, a my z czasem do tego poglądu na świat przyzwyczajamy się i będzie się nam wydawało, że to rozumiemy.~~

Takie przemiany, jakich fizyka w swym ~~życiu~~ już ~~daleko~~ doznała, jakkolwiek rewolucyjny mają pozór, nie są bynajmniej zburzeniem tego, co stanowi treść nauki. Kto widział kiedyś kawał drzewa skamieniałego, zrozumie to odrazu. W drzewie skamieniałem ~~(ani śladu nie ma)~~ pierwotnej substancji drzewnej, wszystko zostało zastąpione przez krzemionkę, ale ~~słoję drzewa~~, cała struktura jego, pozostała nietknięta, tak że na pierwszy rzut oka robi wrażenie zwykłego ~~drzewa~~. Forma pozostała, choć treść ~~się zmieniła~~. Tak samo trwała w historii nauki jest forma praw przyrody.

Nakoniec jedną uwagę ~~już~~ <sup>uważam</sup> pozwolę sobie ~~robić~~. Często nas fizyków pytają: ~~Wierzycie zatem~~ <sup>czy</sup> naprawdę w istnienie atomów i elektronów? Jest-że to istotnie pewne, że wszystko, co widzimy, składa się z tych bezustannie poruszających się cząstek, których rozmiary i prędkości nam podajecie? Odpowiedź ~~moją wtedy~~ stosuję do tego, czy pyta mnie filozof, czy też ktoś inny. Filozofowi odpowiem: <sup>dam</sup> bynajmniej! tylko udaję, że sądzę, iż istnienie atomów jest pewne; ta hipoteza jest mi wygodna.)

Istotnie dzisiaj trzeba być wielce ostrożnym, zanim się coś poda za pewne. O wszystkim wolno wątpić. ~~Wszak i to, że~~ Ziemia porusza się koło słońca, ~~nie da się na pewno~~ udowodnić, mimo Kopernika. Kto koniecznie ~~tego~~ pragnie, może i dzisiaj ~~nawet~~ wierzyć w system Ptole-

ten wyraz

III jemy

H drewna

H drewna

L czy

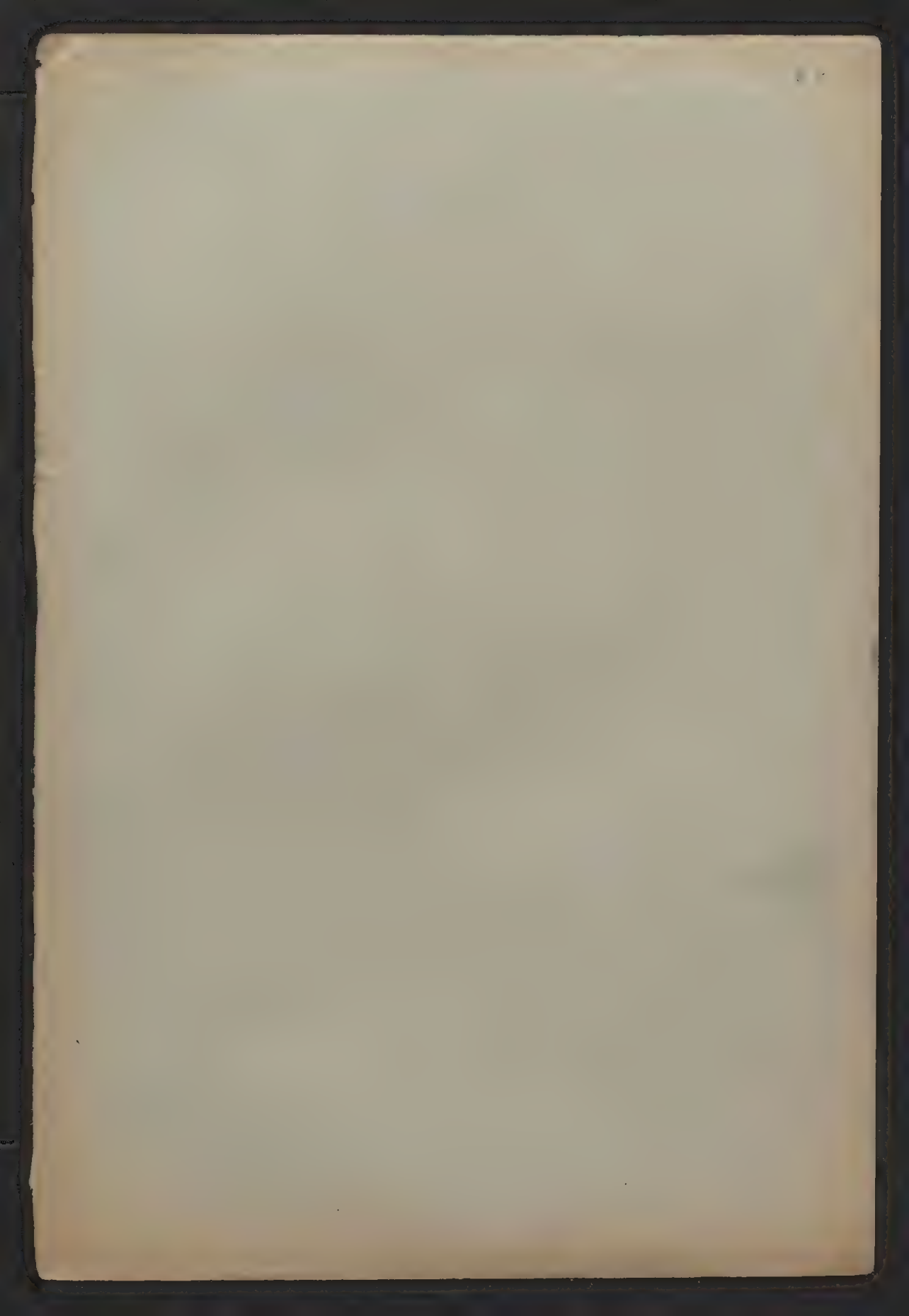
H niepodobna tego

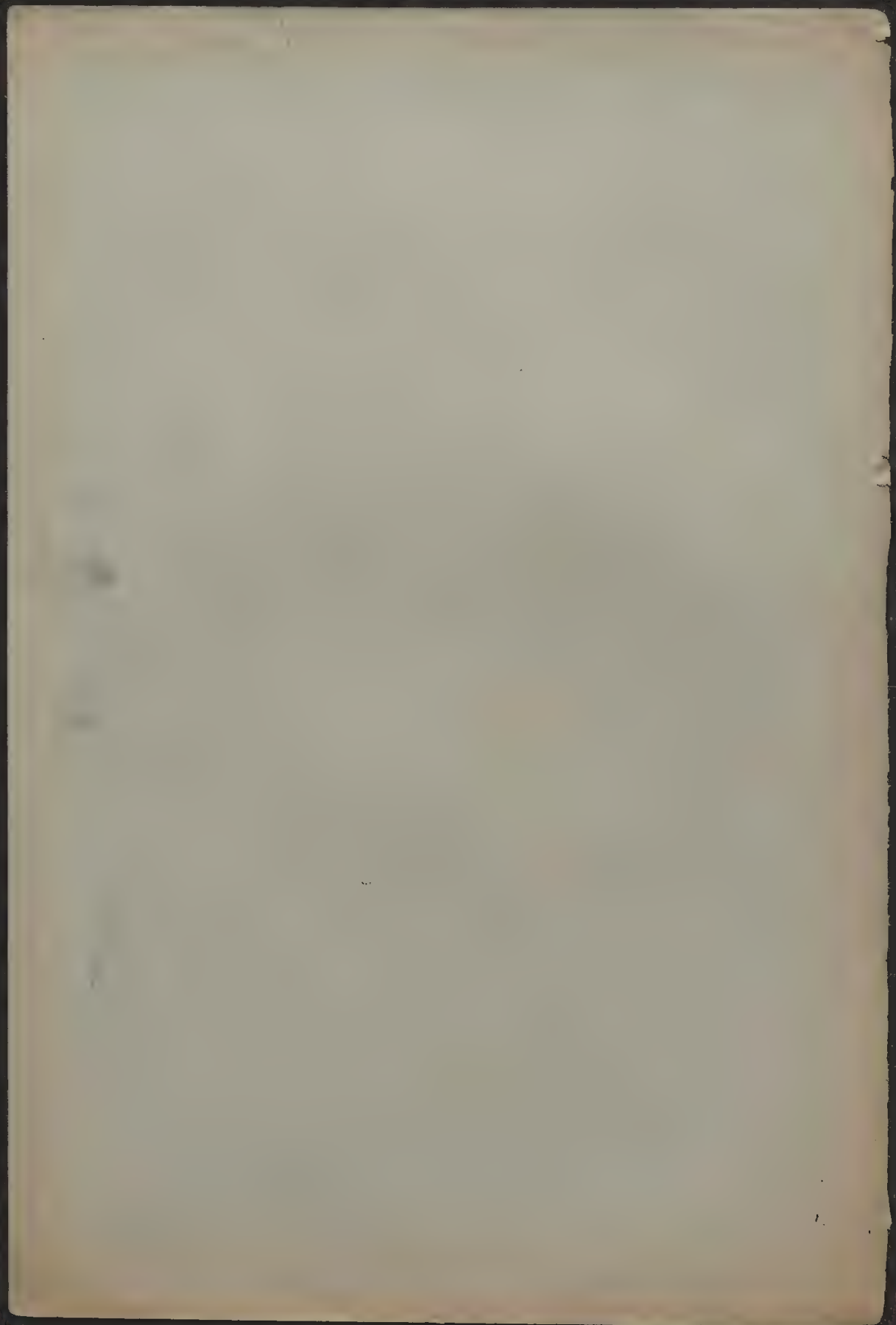
meusza, tylko musi w odpowiedni sposób zmodyfikować konsekwentnie ~~całą~~ obecną naukę, jak to np. Poincaré ~~bardzo ładnie~~ wykazuje. Nie będzie to ani łatwe ani ładne, ale może być dokonane. Co więcej, kto chce, temu wolno wątpić, czy wogóle istnieje ~~jakiś~~ słońce, czy istnieje rzeczywiście ~~jakiś~~ świat zewnętrzny! Udowodnić ~~to nie da~~; albo przynajmniej nie jestem pewny, czy ci, którzy tego dowodzą, ~~nie~~ mylą się. ~~A~~ <sup>leż</sup> dopiero mówić o realności atomów!

Ale z niefilozofem będziemy rozmawiali całkiem inaczej. Jemu powiemy, że ~~A~~tomistyka należy do najpewniejszych, albo, ściśle mówiąc, do najbardziej prawdopodobnych hipotez naukowych. ~~Isotopia~~ <sup>Kto</sup> wierzy ~~w to~~, że głos polega na falowaniu powietrza, kto wierzy ~~w to~~, że ziemia krąży koło słońca, ten z niesłychanie większą jeszcze pewnością może wierzyć w podstawowe pojęcia ~~A~~tomistyki. ~~Wolno~~ nam też wierzyć ~~w to~~, że Fizyka, krocząc drogą dzisiaj obraną, zamieni się w logiczny system <sup>al</sup> dzięki ~~A~~tomistyce, której podstawy niegdyś pożyczyła od Chemii, a odda jej wzamian myśli konstrukcyjne, które będą kluczem do zrozumienia chaosu zjawisk chemicznych. Tym sposobem nauki ściśle dojdą do wspólniejszej syntezy, nie będącej oczywiście ostatecznym końcem dociekań, ale olbrzymim krokiem naprzód w poznaniu zjawisk przyrody.

H tego  
nie  
można







7  
MARYAN SMOLUCHOWSKI

# ATOMISTYKA WSPÓŁCZESNA

ODCZYT WYGŁOSZONY NA OGÓL.  
POSIEDZENIU XI. ZJAZDU LEKARZY  
I PRZYRODNIKÓW W KRAKOWIE

~~LVII~~

re 3.

ODBITKA Z PAMIĘTNIKA XI. ZJ. LEK. I PRZYR.



Odczyt wygłoszony na posiedzeniu ogólnem XI-go Zjazdu Lekarzy  
i Przyrodników Polskich w Krakowie. - ~~Prace~~ Księga  
~~Prace~~ Pamiętnikowa XI-go Zjazdu Lekarzy i Przyrodników  
Polskich w Krakowie, 18-22 lipca 1911; str. 129-143.

### III. Atomistyka współczesna.

Chcąc dać obraz atomistyki współczesnej, trzeba by przed-  
stawić niemal całą fizykę i chemję, a po części i mineralo-  
gję. W ~~tek~~ krótkim referacie wypada ~~się~~ zatem ograniczyć <sup>nie</sup> do  
~~nie~~ skreślenia kilku głównych myśli przewodnich, mogących  
posłużyć do uporządkowania ~~tego~~ olbrzymiego materiału,  
a tylko pobieżnie poruszać można kwestye specjalne, jakkol-  
wiek ~~niekiedy~~ i ważne.

Atomistykę podzielić można przedewszystkiem na ato-  
mistykę materji i atomistykę elektryczności (czyli „elektro-  
nikę“). Może być, że z czasem zniknie ten podział. Wszak  
wiadomo, że obecnie panuje dążność wytłumaczenia właści-  
wości charakterystycznej ~~dla~~ materji, t. j. bezwładności, jako  
objawu sił elektrycznych. Doświadczenia Kaufmanna, Bu-  
cherera i Hupki nad uginaniem promieni  $\beta$  dowiodły, że przy-  
najmniej znaczna część masy materjalnej elektronów jest po-  
chodzenia elektrycznego. Wierzymy, że masa owych elektro-  
nów nie tylko częściowo ale w całości ~~swej~~ jest tylko po-  
zorną, jest wytworem sił elektrycznych. Ale sądzymy tak ra-  
czej z powodu skłonności umysłu naszego do monizmu, niż  
z jakichś przyczyn konkretnych; albo, wyrażając się ściślej,  
sądzymy tak dlatego, że obraz świata fizycznego upraszcza  
się nadzwyczajnie, jeżeli nie potrzeba przyjmować dwóch  
odrębnych rodzajów zjawisk: materjalnych i elektrycznych,  
lecz tylko wszystko ostatecznie sprowadzać można do jednej sub-  
stancji zasadniczej: elektryczności. Co prawda, ~~ale~~ i tak jeszcze  
daleko do jedności, gdyż obecnie w ~~każdym~~ razie jeszcze  
dwa zasadniczo różne rodzaje elektryczności przyjąć ~~by~~ trzeba:  
ujemny i dodatni. Ujemne elektrony dobrze znamy, ale wiele

grecka  $\beta$   
kursywa 3

lecz

H zajmujące

mniej wiemy o dodatnich. Nie zdołano jeszcze skonstatować obecności cząstek dodatnich bez połączenia z masami atomowymi, tak, że wciąż jeszcze tylko tyle powiedzieć można: ~~z~~ najmniejszą cząstką dodatnio elektryczną jest atom (wodoru?) pozbawiony jednego ujemnego elektronu.

~~Al~~ Bez względu na te spekulacje w ~~każdym razie~~ stwierdzić można, że pojęcie materji zatrzyma i nadal swoją wartość i swój obręb zastosowania, tak samo jak pojęcie światła nie stało się zbyteczne ~~x~~ mimo teorii elektromagnetycznej; ~~gdyż~~ metody badań w obu działach są tak różne, że podział atomistyki na atomistykę materji i elektronikę pozostanie usprawiedliwiony. *Nadto*

~~Oprócz tego istnieje~~ od kilku lat jeszcze trzeci dział, który dzisiaj jeszcze nie daje się połączyć z resztą fizyki, t. j. atomistyką energii — ale w te kwestje wchodzić nie będziemy, ~~gdyż są one przedmiotem oddzielnego referatu.~~

W każdym z owych dwóch działów, w atomistyce materialnej i w elektronice, *(znów rozróżnić)* można zjawiska związane z pojęciami atomistycznymi i dowodzące słuszności atomistyki w sposób jakościowy, albo też ilościowy. Pierwszego rodzaju zjawiska są ~~to~~ takie, których zrozumienie wymaga przyjęcia struktury, złożoności materji i elektryczności z oddzielnych jednostek, cząstek, ale bez względu na wymiary i liczbę tych cząstek, tak, że ~~to~~ odwrotnie zjawiska takie nie dają klucza do wnioskowania o wymiarach lub liczbie cząsteczek składowych, podczas gdy zjawiska drugiego rodzaju zależne są od tych wielkości.

1) Do pierwszej kategorii należą przedewszystkiem zmiany stanów skupienia, które stanowiły historycznie pierwszy argument uzasadniony za przyjęciem hipotezy atomistycznej. Ze ~~ta~~ sama *chemicznie* substancja występować może w trzech różnych stanach skupienia (w tych samych warunkach temperatury i ciśnienia), trudno inaczej sobie wytłumaczyć jak *przypuszcze-* ~~nie~~ *nie* ~~przyjęciem~~, że jej cząsteczki składowe są niezienne, ~~tylko~~ *lecz* w tych trzech ~~wypadkach~~ znajdują się w odmiennych warunkach układu i ruchu.)

(Nawiasem wspominając, ~~dzisiaj wypada nam~~ zreformować tradycyjne rozróżnienie stanów: gazowego, ciekłego i stałego. Między gazowym a ciekłym stanem istnieje przejście ciągłe (powyżej temperatury krytycznej) i wogóle niema róż-

żnicy zasadniczej z wyjątkiem zjawisk powierzchniowych; a dalszym ciągiem tych przejść ciągłych stopniowych są ciała stałe, amorficzne, bezpostaciowe. Są to poprostu ciecze, zazwyczaj w stanie podchłodzonym, o wielkim tarcu wewnętrznym, a zatem wielkiej sprężystości postaciowej, o ~~dro-~~ <sup>czystecz-</sup> ~~binach~~ nieregularnie, przypadkowo rozmieszczonych. Natomiast zasadniczo różny jest stan krystaliczny, o regularnym uporządkowanym układzie ~~drobin~~. Właściwie wypada nam zatem rozróżnić dwa stany skupienia: bezpostaciowy (z włączeniem cieczy i gazów) oraz stan krystaliczny, albo właściwie tyle modyfikacji krystalicznych, ile dana substancja wytworzyć potrafi.

2) W związku z tem wymieniamy na drugim miejscu, w rzędzie zjawisk pierwszej grupy, naczelne prawo krystalografii: prawo wymiennych wskaźników. Prawo to, z którego Bravais, Sohncke, Schönflies i inni wyprowadzili ~~swo~~ teorie siatek przestrzennych, regularnych zbiorowisk punktów i t. d., byłoby niepojęte i niezrozumiałe, gdyby kryształy nie składały się z drobnych, jednakowych i regularnie ustawionych cząstek składowych.

Cząstki składowe zwykle nazywa się w krystalografii ~~drobinami~~ (Krystallmoleküle), ale trzeba się wystrzegać łączenia błędnych pojęć z tem słowem.)

(Pojęcie ~~drobin~~ jest ściśle określone dla stanu gazowo-ciekłego, gdyż tutaj ~~drobin~~ prowadzą żywot niezależny; tylko w obrębie tego stanu mamy metody określania ciężaru ~~drobinowego~~. W ciałach stałych (a raczej krystalicznych) nie potrafimy <sup>wy</sup>znaczyć ciężaru ~~drobinowego~~: metody kryoskopijne dla aliażów, amalgamów i t. p. ~~określają~~ <sup>dają</sup> tylko wielkość tę dla cieczy ale nie dla ciała stałego. Zdaje się wogóle, że w tym stanie ~~drobin~~ nie są jednostkami całkiem odrębnymi, wzajemnie niezależnymi, i że układ krystalograficzny wpływa wybitnie na właściwości nie tylko fizyczne, ale i chemiczne.)

(Czy zatem pojęcie ~~drobin~~ <sup>krystalicki</sup> może być przeniesione do stanu skupienia stało-krystalicznego, jak w tym stanie określić to pojęcie, jak <sup>wy</sup>znaczyć ciężar ~~drobinowy~~, czy np. odmienne właściwości fosforu żółtego i czerwonego pochodzą z odmiennego składu ~~drobin~~ czy z odmiennego ich układu krystalograficznego — (to są) fundamentalne kwestye, na które jeszcze



nie potrafimy dać odpowiedzi wyczerpującej, gdyż wogóle wiadomości nasze w dziedzinie fizyki i chemii ciał krystalicznych są jeszcze bardzo niedostateczne.

3) Najdobitniejszy argument za atomistyką tworzą ~~jed-~~ ~~nak~~ zjawiska chemiczne, mianowicie zasadnicze prawo chemii ~~+~~ : prawo wielokrotnych stosunków, dzięki któremu też Dalton stał się właściwym twórcą nowoczesnej atomistyki. Mówi się *niekiedy* ~~czasem~~, że prawo to jest dowodem atomistycznej struktury materji. To oczywiście, dosłownie biorąc, nie jest słuszną, *przypuszczenia* ~~wszak~~ Ostwald potrafił napisać podręcznik chemji bez ~~przy-~~ ~~jęcia~~ atomów, ~~więc nie może~~ być mowy o dowodzie, o konieczności logicznej. Zdaje mi się, że ~~wogóle~~ właściwe „dowody“ istnieją tylko w matematyce i logice, a w naukach przyrodniczych ~~zawsze~~ *tylko można* mówić o prawdopodobieństwie ~~jakiś~~ twierdzenia, o użyteczności ~~jakiś~~ teorii, choć ~~czasem~~ to prawdopodobieństwo może *być* tak wielkie, *[niekiedy]* że w praktyce wolno ~~nam~~ prowizorycznie mówić o pewności i konieczności. Tylko w tem znaczeniu, ~~tekie~~ dla krótkości, będziemy używać wyrażenia „dowód“.

Z prawem wielokrotnych stosunków łączą się ~~inne~~ *inne* prawa chemiczne, które również umacniają założenia teorii o budowie atomistycznej materji, jak np. prawa co do liczby możliwych izomerów, jak cały zakres zjawisk objętych *[przez]* stereochemją. Kto jak np. Mach wobec takich zjawisk odrzuca tłumaczenie atomistyczne i ogranicza się ~~do~~ *do* skonstatowania nagich faktów, popełnia podobne „sacrificium intellectus“, jak ten, kto odrzuca teorię ewolucji świata organicznego.

Dotychczas była mowa o jakościowych dowodach atomistyki materjalnej. Stąd przechodzimy odrazu do atomistyki elektrycznej zapomocą praw elektrolizy. Już Helmholtz (*w r.* 1881) rzucił myśl, że elektryczność *(może posiada)* strukturę atomistyczną, ponieważ w elektrolizie każdy jednowartościowy ion jakiegokolwiek substancji *(jednakowy)* transportuje, nabój, dwuwartościowy — dwukrotny, *trój*wartościowy — trzykrotny itd.; *(nigdy)* obecności naboju ułamkowych skonstatować *nie można.*

~~Wszak~~ *Wszak* jest to poprostu znowu prawo wielokrotnych stosunków Daltona, tylko rozszerzone ~~do~~ *do* elektryczności, w formie nieco odmiennej i o tyle prostszej, że liczba *n* określająca wielokrotność stosunku, w jakim elektrony *(się wiążą)*

z atomami może być tylko: 1, 2, 3, 4. Większej wartościowości nie spotykamy w elektrochemii.

Podkreślam jeszcze raz wspólną cechę dotychczas omawianych zjawisk: ~~te~~ stanowią one jakościowe dowody atomistyki i elektroniki, ale same przez się nie dają ~~zakończonych~~ wskazówek co do wielkości atomów. Pokazuje się to najoczywiście w tem, że w obrębie ~~całej~~ klasycznej chemii nie występuje nigdzie pojęcie bezwzględnego ciężaru atomowego, tylko chodzi o względne ciężary atomowe, np. względem wodoru czy tlenu. ~~Zatem też nie~~ nie przeszkadzałoby nam przy <sup>1, żeby</sup> jąc atomy dowolnie małe, powiedzmy nawet nieskończenie małe, tak że substancja zachowywałaby się najzupełniej jak substancja jednorodna, ciągła; ~~w~~ ~~to~~ byłoby to już tylko problemem sporu dla filozofów, czy, przypuszczając taką quasi ciągłą substancję, składającą się z nieskończenie małych atomów w nieskończenie małych odstępach, głosimy teorię ciągłości czy teorię atomistyczną.

*H czysteczek*  
~~to~~ całkiem odmiennie przedstawia się ta sprawa w świetle dowodów innego rodzaju: t. j. ilościowych, dających wskazówki wyraźne co do liczby i rozmiarów ~~drobnych~~ atomów, elektronów. Jako historycznie pierwsze wymienić tu wypada przede wszystkim pewne zjawiska nieodwracalne, wobec których termodynamika jest bezsilna, podczas gdy teoria kinetyczna (je wyjaśnia) w nadzwyczajnie prosty sposób, przy czem na każdym kroku (się okazuje) słuszność jej pojęć podstawowych. Mam tu na myśli zjawiska lepkości, przewodnictwa cieplnego i dyfuzji gazów, które od czasów prac Clausa i Maxwella są polem popisowem ~~ta~~ <sup>tu</sup> teorii kinetycznej gazów.)

(Wiadomo, że ~~cały~~ <sup>tu</sup> szereg zjawisk został przepowiedziany przez teorię kinetyczną, a następnie dopiero doświadczalnie stwierdzony, jak przybliżona wielkość współczynników przewodnictwa cieplnego i dyfuzji, niezależność współczynników lepkości i przewodnictwa cieplnego od ciśnienia gazu, wzrost współczynnika dyfuzji proporcjonalnie do rozrzedzenia gazu. Najbardziej ~~ciekawe~~ <sup>tu</sup> są ~~one~~ specjalne zjawiska, które przy rozrzedzaniu gazów występują na ścianach naczyń i wogóle na powierzchniach stałych, mianowicie ślizganie się gazu przy ruchu mechanicznym i skok temperatury przy przewodnictwie ciepła.

*H zajmujące*

*w dalszym ciągu*

→ Przy wielkich rozrzedzeniach ~~własności~~ (tzn. jeżeli droga swobodna ~~jest~~ jest duża w porównaniu z rozmiarem naczynia) gaz zachowuje się w sposób ~~zupełnie~~ odmienny niż w zwykłych warunkach: na miejsce prawa Poiseuille'a ~~określającego~~ przepływ gazu przez rurkę włoskową ~~przechodzi~~ prawo zbliżone do Bunsena prawa o efuzji gazu, tak że objętość gazów przepływających nie zależy ~~wcale~~ od lepkości, ~~tylko~~ odwrotnie proporcjonalne do pierwiastka z ich gęstości; dalej, ~~że~~ w mieszaninie gazów każdy składnik ~~(się porusza)~~ ze swoją właściwą prędkością, ~~całkiem~~ niezależnie od innych. Ilość ciepła ~~przewodzonego~~ przez warstwę takiego gazu nie zależy ~~wcale~~ od grubości warstwy, <sup>ale</sup> jest proporcjonalna do jego ciśnienia. Najdziwniejsze jednak ~~że~~, że w naczyniu, którego części <sup>↓</sup> różną ~~posiadają~~ temperaturę, ciśnienia przez gaz wywierane na ściany są nierówne, że w miejscach cieplejszych są większe, w stosunku pierwiastka z temperatury bezwzględnej, niż w miejscach chłodniejszych. Wiemy obecnie, że na tych zjawiskach, dopiero w ostatnich latach bliżej poznanych, polega ~~znany~~ <sup>↓</sup> ~~radijometr~~ <sup>mają</sup> Crookesa, a odmienną udoskonaloną formę takich przyrządów wprowadził niedawno ~~duński~~ Knudsen jako t. zw. manometr bezwzględny celem mierzenia prędkości bardzo rozrzedzonych gazów.

Wszystkie te zjawiska wynikają jako proste, naturalne konsekwencje z podstawowych pojęć teorii kinetycznej; ~~z~~ w podobny sposób ~~znów~~ mechanizm nieodwracalnych zjawisk elektrycznych tłumaczy się na podstawie elektroniki. Chodzi tu przede wszystkim o przewodzenie elektryczności. Od czasów Hittorfa, Arrheniusa i Kohlrauscha rozumiemy mechanizm przewodzenia elektrolitów, a badania ~~szeregu~~ nowszych badaczy, zwłaszcza J. J. Thomsona i jego uczniów wyjaśniły w ogólnych zarysach ~~owo~~ <sup>↓</sup> ~~zawile~~ zjawiska przewodzenia elektryczności w gazach, które od czasów Faradaya uchodziły za jedną z ~~hajeckowskich~~ zagadek fizyki. Wspomnę jeszcze o teorii przewodnictwa metalicznego, o wytłumaczeniu prawa Wiedemanna-Franza, wreszcie przypomnę nowsze badania teoretyczne nad dyspersją i absorpcją światła, nad optycznymi właściwościami metali; ~~z~~ wszędzie ~~(się okazała)~~ <sup>↓</sup> ~~plodność~~ teorii elektronowej, wszędzie dzisiejszy postęp polega na eksploatacji myśli przez nią rzuconych.

Jest to rzecz charakterystyczna, że ~~z~~ zjawiska <sup>(te)</sup> nieodwra-

wyznaczyć

H mamy

lecz są

H przewo-

↓ mają

H najdziwniejszych



czysteczek

L czysteczek

calne są ściśle związane z liczbą ~~drobin~~, atomów, elektronów. Na tej podstawie Loschmidt pierwszy zdołał ~~określić~~ rząd wielkości liczby ~~drobin~~ ze zjawisk dyfuzji; tak samo też można <sup>wy</sup>znaczyć przybliżone rozmiary ionów z przewodnictwa elektrycznego, a liczbę elektronów dyspersyjnych ze zjawisk dyspersji światła.

znaleźć

H na nie

H poznania

E czysteczek

H czysteczek

H czysteczek

Przejdźmy ~~obecnie~~ do zjawisk odwracalnych, czyli do stanów równowagi termodynamicznej. Na tem polu dokonała teoria (znaczących postępów w ostatnich latach). Poznano ~~bowiem~~, że zjawiska te objawiają się nam odmiennie, jeżeli się ~~nam~~ zapatrujemy ze stanowiska makroskopijnego, a odmiennie z punktu widzenia mikroskopijnego. Przebieg makroskopijnych zjawisk odwracalnych jest zgodny z drugą zasadą termodynamiki; ~~z~~ zjawiska te dają się zatem równie dobrze wytłumaczyć sposobem kinetyczno-atomistycznym jak powołaaniem się na zasady termodynamiki; nie dają one nam ~~żadnego~~ sposobu ~~określenia~~ struktury materji, liczby ~~drobin~~ itd. Przeciwnie, ~~z~~ pewne nowo zbadane zjawiska, które dla krótkości ~~określiłem~~ wspólną nazwą: „mikroskopijne”; One sprzeciwiają się przyjętym zapatrywaniom termodynamicznym, ich obecność jest dowodem atomistyczno-~~brobinowej~~ struktury i z nich wnosić można o liczbie ~~drobin~~. Należą do ~~tego~~ <sup>nich</sup> przedewszystkiem ruchy Browna i opalescencya gazów i cieczy.

oznaczyć

O tych zjawiskach wspomniałem już na Zjeździe we Lwowie w r. 1907, ale ponieważ od tego czasu na tem polu znaczne uczyniono postępy, a przedmiot wiąże się z zasadniczym zagadnieniem atomistyki, ~~czy~~ teorii kinetycznej, więc kilka słów pozwolę sobie jeszcze dorzucić. Przez

~~Pod~~ ~~zasadniczym~~ zagadnieniem teorii kinetycznej rozumieć należy pogodzenie atomistyczno-kinetycznego poglądu na materję ze stanowiskiem termodynamicznym, czy też rozstrzygnięcie między niemi. Od dawien dawna wiadomo, że istnieje pewna sprzeczność, wynikająca ~~wprost~~ z ogólnych podstaw tych teoryj; ~~gdyż~~ według teorii kinetycznej możliwe byłoby ~~także~~ ~~takie~~ zjawiska, które są sprzeczne z drugą zasadą termodynamiki. Już ~~on~~ słynny demon Maxwella był dowodem, że z punktu widzenia kinetyki druga zasada termodynamiki dałaby się obalić; możnaby energję mechaniczną wytwarzać kosztem ciepła pochodzącego z zimnego otoczenia, gdyby można ~~działać~~ dowolnie na indywidualne ~~drobinę~~

czysteczeki;

(6/50)

albo np. gdyby można skonstruować wentyl jednostronny i tak czuły, żeby się pod naciskiem jednej, czy kilku ~~drobin~~ *cząsteczek* otwierał. Druga zasada byłaby zatem (tylko) słuszna z punktu widzenia ludzkiej niezręczności, niedoskonałości naszych środków technicznych.

Co więcej, teoria kinetyczna tłumaczy wszystkie zjawiska ~~mechaniczne~~ *(jako mechaniczne)* przez przyjęcie sił konserwatywnych; prawa mechaniki sprowadzają się ostatecznie do zasady Newtona:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = X$$

w której występuje różniczka czasu dt tylko

w kwadracie. To znaczy, że równie dobrze można zaopatrzyć ją znakiem dodatnim, jak ujemnym; ~~czyli~~ *zatem* każdy ruch konserwatywny może (się odbywać) nie tylko w miarę czasu postępującego, ale też równie dobrze cofającego się. Wszystkie zjawiska mechaniczne mogą zatem ~~tez~~ przebiegać w kierunku przeciwnym do tego, w jakim chwilowo przebiegają, to znaczy: tak jak gdyby czas (się cofał) wstecz. A zatem druga zasada termodynamiki zostałaby odwrócona: entropja dążyłaby nie do maximum, tylko do minimum. *Lecz*

(Zarzut ten, który ~~istotnie~~ odstraszał ~~cały~~ szereg pierwszorzędnych uczonych od teorii kinetycznej, został do pewnego stopnia wyjaśniony przez Boltzmana twierdzeniem, że ~~nie~~ zjawiska „wsteczne“, niezgodne z zasadą entropji, wprawdzie są możliwe, ale są nadzwyczajnie nieprawdopodobne, tak że w praktyce ich nie dostrzegamy.)

Tak samo np. Jeżeli nasypimy do pudełka warstwę maku czarnego, a na nią równą warstwę maku białego i jeżeli ~~tem~~ pudełkiem potrząsamy, to ziarenka czarne i białe się z czasem pomiesza. *Możliwe* byłoby teoretycznie ~~także~~ *III fig.* wykonanie takich ruchów, któreby ziarna czarne od białych napowrót oddzieliły, ale w praktyce zawsze tylko spostrzeżemy postępujące zmieszanie, aż ~~mniej więcej~~ *7 jest* w każdej części równie wiele będzie czarnych i białych ziarenek. *↓ fig.*

(Przykład ten ilustruje zjawisko znane ~~nam~~ jako dyfuzja gazów, tlenu i azotu, początkowo rozdzielonych. Dyfuzja taka następuje samodzielnie i termodynamika dowodzi, że podczas niej entropja wzrasta (w związku z tem „paradoks Gibbsa“). Przeciwnie zdarzenie, automatyczne rozdzielanie powietrza na tlen i azot jest wykluczone według termodynamiki. Według teorii kinetycznej jest ono możliwe, ale nadzwyczajnie nie-

rozmianie kurczy - na środku  
kolumny; X czyli kurczy

było zbudować

prawdopodobne. Łatwo np. sposobem Boltzmanna udowodnić, że równomierne rozmieszczenie tlenu i azotu w jednym centymetrze ~~kubicznym~~ jest mniej więcej  $10^{19}$  razy prawdopodobniejsze niż zupełne ich rozdzielanie; nie zatem dziwnego, że w praktyce obserwujemy tylko pierwszy wypadek.

H czysteczek

Tłumaczenie Boltzmanna jest niewątpliwie słuszne, ale jeszcze sprawy nie wyczerpuje. W omówionym właśnie wypadku system ~~trochę~~ gazowych dążyć będzie do stanu najprawdopodobniejszego, do maximum entropji, ale łatwo wymyślić inne rodzaje systemów mechanicznych, gdzie tak nie będzie. Wyobraźmy sobie np. szereg punktów materialnych nawleczonych, w jednakowych odstępach, na nitkę kauczukową. Jeżeli udzielimy punktom tym pewnych prędkości, to powstanie ruch peryodycznie się powtarzający i system nie będzie dążył do stanu wyrównanego, najprawdopodobniejszego, w którym każdy punkt ~~by posiadał~~ przeciętnie jednakową energję kinetyczną. Takie wypadki są zapewne tylko osobliwymi wyjątkami, liczba ich zapewne w porównaniu z normalnymi wypadkami, zgodnymi z zasadą wzrastania entropji, będzie tak mała jak mnogość liczb wymiernych w stosunku do mnogości liczb niewymiernych. ~~ale zawsze~~ Widać że potrzeba bliższego określenia warunków charakteryzujących ~~ciś systemy~~ [normalne, w przeciwieństwie do ~~systemów~~ wyjątkowych].

Jednakże

H badania

L układy

układów

Boltzmann jako kinetyczną miarę entropji uważa słynną funkcję  $H$ , albo raczej ujemną jej wartość, określając ją jako logarytm prawdopodobieństwa danego układu. W poprzednio omówionym przykładzie łatwo możemy się porozumieć co do znaczenia „prawdopodobieństwa“, ale jak to pojęcie ogólnie określić? Jak wogóle może być mowa o prawdopodobieństwie — zatem o przypadku — wobec zjawisk wynikłych z danych warunków początkowych pod działaniem określonych praw mechaniki?

! za

Ścisłejsze ujęcie tych rozważań i usunięcie wspomnianych już trudności jest zadaniem działu fizyki, zapoczątkowanego już niegdyś przez Maxwella: mechaniki statystycznej, polegającej na badaniu prawideł, którym podlegają statystyczne mnogości ~~systemów~~ mechanicznych. Oprócz ostatniego dzieła Gibbsa, poświęconego temu przedmiotowi, wymienić trzeba tu zwłaszcza prace Einsteina, Jeansa, Herza, Silber-

H układów



steina, wreszcie świeżo ogłoszoną rozprawę Jana Kroo, w której znajdujemy pewne kryteria pozwalające ~~nam~~ w niektórych wypadkach z góry osądzić, czy ~~system~~ dany jest normalny, to znaczy czy dąży do wyrównania czy też nie. Do całkowitego wyjaśnienia wszelkich z tem związanych zagadnień jeszcze ~~nam~~ daleko, ale przecież ~~to~~ zdaje się rzeczą pewną, że systemy <sup>(tę)</sup> mechaniczne, ~~takie~~ jakie przyjmuje teoria atomistyczno-kinetyczna, muszą się w ogólnych zarysach, makroskopijnie widziane, zachowywać zgodnie z termodynamiką. Pod tym zatem względem zarzuty podnoszone przeciwko kinetyce nie są słuszne.

Całkiem odmiennie przedstawia się jednak ta sprawa, gdy śledzimy takie zjawiska sposobem mikroskopijnym. Druga zasada jest wynikiem prawdopodobieństwa, to znaczy prawa wielkich liczb, ponieważ jednak liczba ~~drobin~~ nie jest nieskończenie wielką, więc wciąż muszą (także istnieć) pewne zmienne zboczenia przypadkowe od normalnego przeciętnego toku rzeczy, i to tem większe, im mniejsza liczba ~~drobin~~ biorących udział w danym zjawisku. Dostrzegalne będą tu zboczenia zatem tylko, ~~jeżeli~~ śledzić potrafimy niezbyt liczne gromady; ~~drobin~~ ~~z~~ stąd nazwa „mikroskopijne“.

Przykład tego rodzaju jest oddawna znany: ~~nie~~ nierówności temperatury, ~~Maxwella~~ Maxwella prawem o rozdziale prędkości; ~~nie~~ ~~tylko~~ nie nadaje się on do kontroli doświadczalnej, ~~bo~~ nie mamy sposobu bezpośredniego mierzenia temperatury drobnych ciałek.

Do obserwacji nadają się jednak nierównomierności ciśnienia, oraz nierównomierności gęstości lub koncentracji. Pierwsze ~~nie~~ mogą być uwidocznione ruchami, które one powodują, ~~jak np.~~ ruchy Browna, a drugie zjawiskiem Tyndalla: opalescencji ośrodka, lub (jeżeli chodzi o zawiesiny cząstek ultramikroskopijnych) wprost liczeniem cząstek zawartych w danej przestrzeni (Svedberg). O ruchach Browna ~~już~~ tyle pisano i mówiono w ostatnich latach, że zbyteczne by było powtarzanie tych rzeczy. ~~W~~ ~~o~~ zjawiskach opalescencji gazów i cieczy, występujących wyraźnie zwłaszcza w punkcie krytycznym, ~~obszerniej~~ mówiłem na Zjeździe w r. 1907; obecnie ~~tylko~~ dodam, że teoria moja została podjęta przez Einsteina i że została uzupełniona dokładniejszym ilościowym

↓ *ważne*

H *częstotliwość*

L *jest*

H *częstotliwość*

Γ *gdy*

H *rozłożone przez*  
L *jednak*

Γ *przez*

L *przez*

|| *ym* Γ *zakresie*



$$\frac{1}{2^n} \frac{n!}{\left(\frac{n-r}{2}\right)! \left(\frac{n+r}{2}\right)!}$$

obliczeniem zdolności absorbującej i rozpraszającej takiego ośrodka.

Chciałbym ~~tylko~~ zwrócić uwagę na proste prawo matematyczne, rządzące ~~temi~~ przypadkowymi anomaliami. Jeżeli gramy w taką grę hazardową, że przy każdej próbie równie prawdopodobne jest zyskanie jak stracenie jednostki, to prawdopodobieństwo zyskania albo też stracenia  $r$  jednostek

w ciągu  $n$  prób wynosi:  $\frac{1}{2^n} \frac{n!}{\left(\frac{n-r}{2}\right)! \left(\frac{n+r}{2}\right)!}$  z czego łatwo się obli-

czy, że prawdopodobny zysk, albo strata, przy  $n$  próbach wynosi  $\sqrt{n}$ , jeżeli  $n$  jest liczbą wielką.

Podobnie ~~drobina~~, w gazie spoczywającym, równie dobrze może się poruszać na prawo jak na lewo, a w raz obranym kierunku porusza się tylko przez nader krótki przeciąg czasu, aż ~~zderzenia~~ z innymi ~~drobinami~~ zmienia jej kierunek. Każdorazowe przesunięcia dodatnie i ujemne są równie prawdopodobne, zatem średnie przesunięcie całkowite, osiągnięte po upływie czasu  $t$ , musi być proporcjonalne do  $\sqrt{t}$ . To samo odnosi się do przesunięć cząstki zawieszanej w cieczy i ~~wy~~ odbywa-  
jącej się ruchy Browna.

Tak samo ~~toż~~ Rozważajmy element przestrzeni, napełniony gazem idealnym i rozdzielony na dwie połowy. Dla każdej ~~drobiny~~ pobyt w jednej i drugiej połowie jest równie prawdopodobny; ~~jeżeli~~ w całości się znajduje  $r$  ~~drobin~~, ~~to nie~~ rozdziela się one dokładnie na równe części; ~~tylko~~ prawdopodobnie liczba w jednej części będzie o  $\sqrt{r}$  większa niż w drugiej. Procentowe zgęszczenie lub rozrzedzenie jest zatem proporcjonalne do  $\frac{1}{\sqrt{r}}$ ; więc nierówności tem silniej występują, im mniejsza liczba ~~drobin~~. Tego rodzaju obserwacje dają zatem bezpośredni sposób wyznaczenia tej liczby.

Analogiczne zjawiska muszą ~~toż~~ występować w dziedzinie elektryczności. Dotychczas stwierdzono je w jednym tylko wypadku, który właściwie należy do zjawisk nieodwracalnych, tj. w wahaniach liczby cząstek  $\beta$  i  $\alpha$ , wysyłanych przez ciała promieniotwórcze (badania Schweidlera, Rutherforda i Geigera). Tu wszakże z wielką precyzją stwierdzić dano się zgodność wzoru, zupełnie analogicznie do poprzednich przykładów wyprowadzonego.

↓ można było

na środku  
kolumny  
kursywą

Spotkania

cząsteczkami

cząsteczki  
ciężkie, nie

ciężkie

Po omówieniu jakościowych dowodów atomistyki, oraz zjawisk tłumnych, ~~ale~~ uwytatniających liczbę ~~drobin~~ *czyli* *crystall lub* atomów, przechodzimy ~~wreszcie~~ do trzeciej kategorii zjawisk, do dowodów najoczywistszych, t. j. izolacji i obserwacji pojedynczych atomów. Jeżeli chodzi o pojedyncze ~~drobiny~~ *crystalki* materjalne, ~~to~~ musimy do tej kategorii zaliczyć także ~~owe~~ ruchy Browna, gdyż cząstki zawieszin występują w nich ~~zupełnie~~ *Hm de k...* w roli dużych ~~drobin~~, ale jeżeli chodzi nam o atomy, to takimi zdobyczami dotychczas poszczycić się może tylko atomistyka elektryczności.

Dużego rozgłosu nabyły ~~owe~~ słynne doświadczenia Rutherforda i Geigera, oraz Regenera, w których liczono cząstki  $\alpha$  i  $\beta$  *(nabój/ich)*; ~~ale~~ tu chodziło o atomy dodatnio elektryczne, poruszające się z ogromną szybkością i wskutek tego wywołujące specjalne zjawiska. Jeszcze ~~ciekawsze~~ *godniejsze uwagi* są ~~jednak~~ doświadczenia Millikana, stanowiące ostateczne wydoskonalenie metody, wymyślonej przed ~~III~~ *III* laty przez J. J. Thomsona i dalej opracowanej przez H. A. Wilsona, Ehrenhafta i innych, w których mierzono naboje rzędu  $10^{-10}$  jednostek elektrostacyjnych (dodatn. lub ujemn.), znajdujące się na mikroskopijnie drobnych kropelkach oliwy, w powietrzu się ~~unoszących~~ *godniejszych uwagi*. Ruch takiej kropelki, ~~dający się śledzić~~ *który można* ~~całkowicie~~ *godniejszymi* *godniejszymi* opadanie jej pod wpływem ciężkości, wznoszenie się wskutek zastosowania odpowiednich sił elektrycznych, umożliwia ~~określenie~~ jej masy oraz naboju (przy pomocy prawa Stokesa) ze zdumiewającą dokładnością. Pokazało się, że owe naboje są wprawdzie różnie wielkie, ale ~~(zawsze są)~~ *H znalezienie* dokładnymi wielokrotnościami liczby  $4.891 \cdot 10^{-10}$ , którą zatem ~~jako~~ *za* ~~ów~~ atom elektryczny uważać musimy.

Zastanówmy się ~~obecnie~~, jak z punktu widzenia tych ~~wszystkich~~ badań, dokonanych w ostatnich latach, przedstawia się kwestya liczby i rozmiarów atomów. W literaturze naukowej znajduje się kilkadziesiąt różnych t. zw. sposobów ~~określenia~~ *obliczenia* rozmiarów ~~drobinowych~~ *↓ molekularnych*, gdyż tak w fizyce nazywają prawie każdy rachunek, z którego wynika coś rzędu wielkości  $10^{-8}$  cm. Ale jeżeli szukamy racjonalnych i ścisłych metod, ~~to~~ *to* zostanie się z nich bardzo niewiele.

Dopóki chodziło tylko o rząd wielkości, można było się oprzeć *↓* na tradycyjnej metodzie kinetycznej teorii gazów, pochodzącej od Loschmidta i polegającej na obliczeniu drogi



(a) cyf. na środku kol. kurryw wynik (oprócz 2)

14

swobodnej  $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2} n \pi \delta^2}$  ze zjawisk dyfuzji, albo lepkości lub

przewodnictwa cieplnego i skombinowania jej z objętością ~~drobin~~  $\frac{4}{3} n \pi \delta^3$ . Dziś (to nam) nie wystarcza; ~~do~~ liczbowy wy-

nik rachunku zależeć musi od nieznanego ~~nam~~ prawa sił

między ~~drobinowymi~~, które (wpływać muszą) na długość drogi

swobodnej. ~~Także~~ Druga dana, rzeczywista objętość ~~drobin~~

nie da się dokładnie wyznaczyć, po pierwsze ~~III~~ prawo Van

der Waalsa, którego tu używano, nie jest dokładnie ważne,

a przede wszystkim ~~III~~ ~~drobin~~ (wogóle nie posiadają) rze-

czywistej objętości, w dawnym tego słowa znaczeniu. Prze-

starzały pogląd, jakoby ~~drobin~~ były ziarnami kulistymi o nie-

zmiennej wielkości, jest zupełnie sprzeczny z dzisiejszym

stanem nauki i utrzymuje się (tylko jeszcze) dlatego, że ułatwia

nam wyobrażenie, dzięki temu że często widujemy, jak się

grywa w bilard. ~~Tem bardziej~~

Tem więcej dziś porzucić trzeba metody oznaczenia liczby

~~drobin~~ przy pomocy współczynnika (załamania optycznego), albo

stałej dielektrycznej, gdyż hipoteza Clausiusa-Mosottiego o struk-

turze dielektryków, służąca im za podstawę, dzisiaj już tylko

z historycznego punktu widzenia nas interesuje, jako zabytek

~~naukowych~~ przedelektronowych czasów. Tak zatem wszystkie

liczby podane np. w O.E. Meyera, „Gasttheorie“ są bezpodstawne.

Dzisiaj mamy tylko dwie drogi do oznaczenia tych wiel-

kości: jedną opartą na ruchach Browna i pokrewnych zja-

wiskach, drugą na wspomnianych poprzednio sposobach

bezpośredniego ~~prześwietlenia~~ naboju elektronowego. Można

by jeszcze pomyśleć o metodzie opartej na zjawiskach opalescen-

cji gazów, na absorpcji światła słonecznego w atmosferze

(Rayleigh) ale metoda ta podlega znacznym trudnościom do-

świadczalnym, a co ważniejszą także pewnym zarzutom teo-

retycznym, tak, że nie może obecnie konkurować ze sposo-

bami poprzednio wymienionymi.

Według pomiarów wykonanych przez Perrina, wspólnie

~~z~~ Dąbrowskim i Chaudesaigues, nad ruchami Browna, wyni-

kałoby  $3 \cdot 10^{19}$  jako liczba ~~drobin~~ zawartych w centymetrze

kubicznym gazu w normalnym stanie. Zdaje się, że określenie

naboju elektronowego przy pomocy promieni  $\alpha$  większym

podlega błędom doświadczalnym, natomiast oznaczenie jego

metodą kropelek opadających, przez Millikana, zasługuje za-

H crystallinowy

J również

J dlatego,  
ze crystallinowy

L crystallinowy

L myślenie

H Znaczenia

nym

H crystallinowy

molek

molek

III ponieważ

crystallinowy

Sześcien-

miar

miar

pewne dzisiaj na największe zaufanie. Łącząc jego wynik ze  
 znanyim równoważnikiem elektrolitycznym, otrzymujemy za-  
 miast poprzednio podanej liczby wartość:  $2.67 \cdot 10^{19}$ . Porównując  
~~nie~~ te dwa oznaczenia, widzimy, że metoda Millikana jest  
 bezpośredniejsza i że wynik jej jest średnią wartością wielkiej  
 liczby oznaczeń bardzo mało (się różniących) między sobą; dla  
 tego możnaby ją uważać za pewniejszą, ale nie wiadomo na  
 razie, co zarzucić ~~owym~~ wyznaczeniom pierwszego rodzaju  
 (opartym na ruchach Browna i na równowadze grawitacyjnej  
 zawieszin), chyba może zbyt wielką koncentrację używanych  
 zawieszin (gdyż wielkość koncentracji według badań Sved-  
 berga (wybitny wywiera wpływ). Dopóki jednak te pomiary  
 nie zostaną powtórzone przez większą liczbę badaczy, niepo-  
 dobna osądzić na pewno, która z ~~tych~~ dwóch liczb ~~więcej~~ *bardziej*  
 (się zbliża) do rzeczywistości. *(najbardziej precyzyjną)*

Pozostaje nam do omówienia część *najciekawszą*, ale  
 jeszcze najmniej dojrzałą atomistyki: synteza spekulacji ato-  
 mistycznych i elektronowych, czyli badania nad strukturą, nad  
 wewnętrzną budową atomów. Że wogóle o tych problemach  
 dzisiaj ~~na serio~~ naukowo można dyskutować, (to jest) nad-  
 zwyczajny doniosły postęp ostatnich kilkunastu lat. O wyni-  
 kach pewnych, ściśle uzasadnionych (dzisiaj jeszcze) mowy nie-  
 ma, gdyż spekulacje różnych badaczy, zależnie od punktu  
 wyjścia, całkiem odmienną przybierają postać i próby połą-  
 czenia ich dotychczas (pozytywnego rezultatu) nie wydały.

Pewna jest jedna rzecz: ~~że~~ atomy muszą się składać  
 z większej liczby oddzielnych elektronów ujemnych i rów-  
 noważnego naboju dodatniego, ale liczba ich i sposób powią-  
 zania z ową zagadkową elektrycznością dodatnią są nieznane.  
 Najślawniejszą i *najwięcej* szczegółowo wypracowaną jest  
 teoria J. J. Thomsona, oparta na rozważaniach ~~co do~~ stałości  
 równowagi wewnętrznej struktury atomowej i ~~co do~~ związku  
 z periodycznym ~~systemem~~ atomowym; według ~~której~~ atomy  
 byłyby złożone z dodatniego naboju elektrycznego, wypełnia-  
 jącego z jednostajną gęstością przestrzeń ~~kąlistą~~, oraz z elek-  
 tronów ujemnych, ustawionych w jej wnętrzu w warstwach  
 spółśrodkowych. *(atomów)*

Dawniej przypisywano ~~całą~~ bezwładność owym elektro-  
 nom, (więc sądzono), że tysiące ich muszą się składać na jeden  
 atom; tymczasem nowsze badania Crowthera nad rozprasa-

1) [Nypominany, że wykład niniejszy był wypowiedziany  
 w roku 1911-ym. *Przyt. Wyd.* ]

Najbardziej

niem promieni  $\beta$  przez materię, wraz z teoretycznymi obliczeniami Thomsona wskazywałyby, że liczba ~~ich~~ równa się tylko (mniej więcej) ośmiokrotnemu ciężarowi atomowemu (względem wodoru). W takim razie bezwładność swoją materia musiałaby zawdzięczać przede wszystkim elektryczności dodatniej, to jest temu, co dotychczas jest ~~największą~~ zagadką, i na co dopiero dalsze badania nad promieniami kanałowymi, w ostatnich czasach tak świetnie poprowadzone przez Thomsona, ~~może rzucać~~ światło. Thomson pokazał, że jego teoria mogłaby także wytłumaczyć niestałość budowy atomowej, występującą w pewnych wypadkach, oraz wyrzucanie cząstek  $\beta$ , ale większą trudność sprawia wyjaśnienie, czemu w innych razach rozkład atomu połączony jest z wyrzucaniem cząstek  $\alpha$ .

To zasadnicze zjawiska promieniotwórczości ~~zaś~~ tworzą punkt wyjścia teorii Staraka o budowie atomu z „archionów”. Przeciwnie ~~znow~~ Rutherford, w świeżo ogłoszonej pracy, opartej na zjawiskach absorpcji promieni  $\alpha$  i  $\beta$ , wyłuszcza teorię, że atomy są złożone z silnego naboju centralnego (~~nie~~ dodatniego) i dokoła niego w przestrzeni kulistej równomiernie rozmieszczonego naboju przeciwnego.

Nowe trudności podnoszą się, jeżeli chcemy wytłumaczyć zjawiska absorpcji i dyspersji światła. Z góry możnaby przypuścić, że wszystkie elektrony ~~powin~~ udział brać będą w drganiach elektromagnetycznych; później zdawało się, że liczba elektronów odpowiadających na drgania elektromagnetyczne w gazach jest pewną niewielką wielokrotnością ciężaru atomowego. Nowsze badania ~~jednak~~ wykazały, że w licznych przypadkach ~~z pewnością~~ liczba „elektronów dyspersyjnych” jest bez porównania mniejsza niż liczba atomów, także na tysiące albo dziesiątki tysięcy atomów przypada tylko jeden elektron dyspersyjny.

Która z różnych dróg rozumowania tu nakreślonych się okaże ~~naj~~ właściwszą, jak dojdziemy do syntezy łączącej ~~te~~ wszystkie części ~~obrazu~~ w jeden całkowity obraz struktury atomu, ~~tego~~ dzisiaj ~~nie~~ osądzać nie możemy. ~~Ale to nam daje~~ ~~nam~~ to ~~wiarę~~ ~~powodzenie~~ w tych usiłowaniach, że przynajmniej widzimy przed sobą drogi wiodące do postępu; ~~a między~~ ~~niemi~~ ~~zwłaszcza~~ badania nad rozpraszaniem promieni  $\alpha$  i  $\beta$  oraz badania promieni kanałowych wydają się ~~obiecującymi~~

tu zwalacza



506  
tome III  
XLXII  
Liczba i wielkość cząsteczek i atomów.

NAPISAŁ

M. SMOLUCHOWSKI.

WARSZAWA.

WYDAWNICTWO REDAKCYI  
WIADOMOŚCI MATEMATYCZNYCH.

1913

Osobne odbicie z tomu XVII-go

„WIADOMOŚCI MATEMATYCZNYCH“.

Drukarnia Rubieszewskiego i Wrotnowskiego w Warszawie.

Wiadomości Matematyczne, tom XVII, str. 315-329;  
1913. ( W języku niemieckim: Scientia, tom XIII,  
pp. 27-44. 1913 ) .

~~M. SMOLUCHOWSKI~~

#### IV. Liczba i wielkość cząsteczek i atomów. ~~III~~

Fizyka nowoczesna jest nauką ścisłą: stara się ona prawa przyrody eksperymentalnie poznane ująć ilościowo w możliwie dokładną formę matematyczną i, stosownie do tego, tylko takie teorie fizyczne<sup>ciężkie</sup> za uzasadnione uznaje, które nadają się do dokładnego liczbowego sformułowania i do skontrolowania przez dokładną zgodność matematyczną ich wyników z prawami przyrody, poznanami ilościowo. Dlatego fizyk dzisiejszy odczuwa pewien niesmak, gdy słyszy zdanie, że filozofowie greccy Leukippos i Demokritos, lub rzymianin Lukrecjusz, są twórcami teorii atomistycznej. To, co wiadomo o Atomistyce starożytnych i o późniejszych jej interpretacjach, wydaje mu się fantastycznym rojeniem, albowiem nie dostrzega tam właśnie tego, co jest najistotniejsze w teorii fizycznej: mianowicie stwierdzenia zgodności ilościowej z formą liczbową praw przyrody. O tem wcale nie można było myśleć tak długo, dopóki fizyka posiadała tylko surowy charakter jakościowy.

Zapewne Atomistyka, jako doktryna filozoficzna, sięga w przeszłość więcej niż dwa tysiące lat, ale jako ścisła teoria fizyczno-chemiczna liczy zaledwie jedno lub dwa stulecia. Wprawdzie Daniel Bernoulli (1738) wykrył w sposób genialny, że prawo Boyle'a<sup>2</sup> i odwrotnej proporcjonalności ciśnienia gazu do objętości przez gaz zajmowanej daje się objaśnić bardzo prosto przez przyjęcie, że gazy składają się z małych cząsteczek, poruszających się prostoliniowo; lecz poważniejsze i ogólniejsze dowody, zniewalające do przyjęcia Atomistyki, znaleziono znacznie później.

Założenie

<sup>2)</sup> Przekład czasopisma „Scientia” za upoważnieniem Autora.



Przedewszystkiem wymienić tu należy ~~oczywiście~~ odkrycie przez Daltona (1808) prawa podstawowego Chemii, t. j. prawa wielokrotnych stosunków w związkach chemicznych. Prawo to byłoby faktem zupełnie zagadkowym i niepojętym, gdyby cząsteczki (molekuły) związków chemicznych nie składały się z całkowitych wielokrotności rozmaitych rodzajów atomów jednorodnych. Dzięki Daltonowi stała się Atomistyka fundamentem Chemii i na tem stanowisku ~~swem~~ nigdy istotnie nie została zachwiana. Odtąd chemicy nie przedstawiali nigdy myśleć atomistycznie, nawet i wtedy, gdy przed dwoma dziesiątkami lat ujawnił się ze strony filozof<sup>ów</sup> i fizyk<sup>ów</sup> ~~przeciwny prąd~~ przemijający wprawdzie lecz potężny prąd przeciwny Atomistyce.

Dalsze ważniejsze poparcie ~~przyjęciu~~ atomistycznej struktury materji dało odkryte w r. 1784 przez Hauy<sup>ego</sup> prawo podstawowe krystalografji, tak zwane prawo skazników wymiernych, według którego parametry powierzchni kryształu są prostymi (wielokrotnościami) całkowitymi pewnych jednostek podstawowych. Znaczenie tego prawa poznał wreszcie w całej pełni dopiero Bravais w r. 1849; dziś jeszcze fizycy poświęcają temu przedmiotowi zbyt mało uwagi, jakkolwiek ~~stwierdza~~ ad oculos, że materja jest zbudowana z cząstek oddzielnych.

W dziedzinie Fizyki właściwej Atomistyka znalazła pożądanę uzupełnienie i poparcie w zasadzie zachowania energii, która wyjaśniła się bezpośrednio z ~~przyjęciem~~ przyjęciem, że ciepło polega na ruchu cząsteczkowym i że ilość ciepła odpowiada energii kinetycznej tego ruchu. Na zlanie Atomistyki z tem wyobrażeniem polega dzisiejsza teoria kinetyczno-atomistyczna, po raz pierwszy ściśle sformułowana w latach 1857—1860 w pracach Clausiusa i Maxwella i zastosowana do wyjaśnienia matematycznego prawa Boyle'a Charles'a dla gazów.)

(W tem stadium była już wtedy Atomistyka teorią dobrze uzasadnioną, która ~~cały~~ szereg podstawowych praw przyrody z rozmaitych dziedzin wiedzy (sprowadzała) sposobem najprostszym i matematycznie dokładnym do ~~przyjęcia~~ przyjęcia, że materja składa się z cząstek oddzielnych. Lecz była jeszcze—rzec można—teorią tylko jakościową, dopóki brakło jej najistotniejszej cechy ilościowej, mianowicie wyobrażenia o wielkości i liczbie tych cząstek.

Jest rzeczą osobliwą, że Chemia zwykła, operująca <sup>wagę</sup> ~~ciężko~~ atomami, których masy względne jak najdokładniej wyznacza, których ugrupowanie w cząsteczce bada, nie daje ~~żadnego~~ punktu oparcia dla obliczenia bez-

Hypotezie

L prawo

Przyjęcie

Założenia

względnej wielkości atomów. Dla chemika praktycznego jest rzeczą ~~zupełnie~~ obojętną, jak wielka jest masa atomu; przyjmuje on masę atomu wodoru za jedność, zna masy względne innych atomów w stosunku do masy atomu wodoru, i liczby te, t. zw. „ciężary atomowe“, wystarczają mu do obliczenia składu związków chemicznych i do kontrolowania wzorów chemicznych.)

(Fizyków zaprzętała zawsze myśl uzupełnienia teorii atomistycznej przez wyznaczenie tych danych podstawowych, lecz zjawiska procesów termodynamicznie odwracalnych nie dawały im możliwości dokonania tego *zadania*. Należy ~~bowiem~~ zauważyć, że wszystkie ~~dotąd~~ wspomniane zjawiska odbywałyby się w sposób całkowicie identyczny, niezależnie od wielkości bezwzględnej atomów. Przebiegałyby one np. zupełnie tak samo, gdyby atomy były dowolnie małe, nawet nieskończenie małe, ale zato w liczbie nieskończonej; // można by niejako ~~przyjąć~~ atomistykę, która pozornie tylko różniłaby się od teorii ciągłości materii.)

(Lecz istnieje inna klasa zjawisk, w których wielkość atomów i ich liczba ~~odgrywa pośrednio~~ rolę, są to mianowicie termodynamicznie nieodwracalne zjawiska dyfuzji, przewodnictwa ciepła i tarcia wewnętrznego, których teorię z tego stanowiska rozwinął w części Clausius, w części zaś Maxwell. Myśl, że teoria matematyczna tych procesów umożliwia obliczanie wielkości atomów lub cząsteczek, pierwszy powziął — zdaje się — fizyk wiedeński Loschmidt, który w sławnej rozprawie „Zur Grösse der Luftmoleküle“ (Sprawozdania Akademii Wiedeńskiej, 1865) bliżej myśl tę rozwinął.

*Założenia*  
Metoda obliczenia polega na ~~przyjęciu~~, uważanem wówczas za oczywiste, że ~~atomy lub właściwie mówiąc~~ cząsteczki gazu zachowują się jak kule stałe sprężyste. Myśl zasadniczą Loschmidta można sobie przedstawić w sposób następujący. Jeżeli mówimy, że przestrzeń jest wypełniona powietrzem, <sup>to</sup>znaczy to w rzeczy samej, że największa część tej przestrzeni jest pusta, że cząsteczki tlenu i azotu zajmują w niej istotnie tylko ~~prze-~~ *objętość* ~~strzeń~~ niewielką, którą wyznaczyć można przybliżenie, gdy powietrze przez ściskanie i oziębianie sprowadzimy do stanu ciekłego. Cząsteczki wtedy, według Loschmidta, są prawie w zetknięciu wzajemnem, gdy w stanie gazowym znajdowały się we względnie znacznych od siebie odległościach.)

(*w stanie za*)  
Liczbę cząsteczek można by łatwo wyznaczyć z objętości ~~gęszczenia~~, gdybyśmy znali ich wielkość. Tę wielkość obliczyć można z tak

zwanej średniej drogi <sup>swobodnej</sup> ~~wolnej~~ (cząsteczek w stanie gazowym, t. j. z długości dróg prostoliniowych, przebieganych przez cząsteczki gazu pomiędzy dwoma kolejnymi spotkaniami. Bardzo proste rozważanie podobieństwa geometrycznego uczy nas, że wielkość ta, przy danem wypełnieniu przestrzeni <sup>ale</sup> różnych rozmiarach kul <sup>czyli</sup> cząsteczek, musi być proporcjonalna <sup>do</sup> do średnicy <sup>tych</sup> cząsteczek.)

(Z drugiej strony łatwo widzieć, w jaki sposób proces dyfuzji (jakoteż i dwóch innych wyżej wspomnianych zjawisk), zależeć musi właśnie od wielkości dróg średnich, albowiem dyfuzja, t. j. powolne mieszanie się dwóch gazów, musi odbywać się tem szybciej, im dłuższe są drogi przebiegane przez cząsteczki gazu pomiędzy każdymi dwoma spotkaniami. A więc wynika z powyższego, że przy danem wypełnieniu przestrzeni (i przy danej temperaturze, bo od niej zależy prędkość ruchu) dyfuzja — i podobnie przewodnictwo oraz tarcie wewnętrzne — w gazach musi odbywać się tem raźniej, im większe są cząsteczki gazowe, tem <sup>im</sup> wolniej, im one są mniejsze. Do tegoż wniosku i wartości współczynnika proporcjonalności prowadzą dokładne wzory matematyczne Clausiusa i Maxwella. Jest to zresztą rys charakterystyczny nie tylko zjawisk wspomnianych, ale i innych zjawisk cząsteczkowych termodynamicznie nieodwracalnych (np. przewodnictwa elektrycznego w gazach, <sup>w</sup> elektrolitach), że prędkość ich przebiegu jest związana wprost z wielkością i liczbą cząsteczek.)

(W ten sposób Loschmidt, kombinując dwie wielkości eksperymentalnie wyznaczone: objętość <sup>cząsteczek</sup> zgęszczenia i <sup>cząsteczek</sup> współczynnik tarcia wewnętrznego (zamiast którego możnaby wziąć stałą dyfuzji), <sup>wyznaczył</sup>  $1 \cdot 18 \cdot 10^{-7}$  cm jako wielkość średnicy cząsteczki powietrza. Ponieważ cząsteczki tlenu i azotu są dwuatomowe, przeto daje to zarazem rząd wielkości ich atomów.

Obliczenie to uważano początkowo za bardzo hypotetyczne, jakkolwiek liczba otrzymana nie była wcale nieprawdopodobna, gdyż w każdym razie leży znacznie niżej granicy bezpośredniej podzielności materji, przynajmniej do dziś dnia stwierdzonej i przez środki czysto mechaniczne osiągalnej. Wykazują to np. następujące ~~stwierdzone~~ dane. Tak np. <sup>złoto</sup> malarskie używane do złocenia wyrabia się w tak cienkich warstwach, że <sup>jest</sup> prawie przezroczyste; grubość jego wynosi wtedy  $10^{-5}$  cm, ale według Faradaya przy pomocy walcowania można tę grubość zmniejszyć do  $5 \cdot 10^{-7}$  cm. Najcieńsze nitki kwarcowe, wyrobione przez Boya, miały tak małą grubość, że ~~nawet~~ w mikroskopie <sup>były</sup> ~~nie~~ dostrzegalne. Istnieją praw-

[otrzymano]

(nitki zielonego  
sulfatu)

(ju)



dopodobnie bakterye, których wielkość <sup>leży</sup> spada jeszcze poniżej granicy wyraźnej widzialności w mikroskopie, t. j. poniżej  $2.10^{-5}$  cm. We wprowadzonych od lat dziesięciu ultramikroskopach, granicę (niewyraźnej już) widzialności posunięto jeszcze niżej. Siedentopf i Zsigmondy przy pomocy ultramikroskopu stwierdzili w szkłe złotem rubinowem istnienie ziarenek złotych rzędu wielkości rzędu  $5.10^{-7}$  cm. Grubość baniek mydlanych (według Drudego, Reinolda i Rückera, Joh<sup>n</sup>hotta) można zmniejszyć do granicy: od  $17.10^{-7}$  cm do  $6.10^{-7}$  cm.

Wszystkie te wartości graniczne (bardzo dobrze godzą się z wyobrażeniem <sup>ami</sup> atomistycznym, jeżeli cząstki składające materję są — jak podaje Loschmidt — wielkości rzędu milionowej części milimetra. Lecz nie stanowią one ~~wszak~~ właściwego stwierdzenia wyników Loschmidta, wskazują tylko, że wyniki te są dopuszczalne, ~~bo~~ leżą poniżej granicy danej przez (doświadczenie) bezpośrednie.

Granice niższą dopuszczalnej wielkości cząsteczek dały, <sup>jak się</sup> ~~przypada~~ <sup>nie</sup> prace Lorda Kelvina; ~~(Sir William Thomson, 1887)~~ w kilka lat ~~po~~ Loschmidta zwrócił uwagę na rozmaite zjawiska, jak np. elektryzowanie przez zetknięcie i zjawiska włoskowate, które prowadziłyby do sprzeczności pomiędzy należycie ustalonymi prawami fizycznymi, gdyby materja, dzielona na cząstki wielkości rzędu  $10^{-8}$  cm., miała jeszcze ~~te~~ <sup>takie</sup> same własności, jak w stanie masywnym. Nie może to ~~wszak~~ uchodzić właściwie za obliczenie wielkości atomów w rozumieniu poprzednim, lecz tylko za ocenę jakościową obszaru ich działania. Byłoby ~~nie~~ <sup>łatwo</sup> wyobrazić sobie ośrodek doskonale ciągły, wyposażony w siły pewnego rodzaju, podobny do ośrodka, przyjętego przez Laplace'a w jego teorii włoskowatości, który ~~by~~ w cienkich warstwach zachowywał się ~~zupenie~~ <sup>zupenie</sup> inaczej niż w stanie masywnym. Z tego samego powodu podobne oceny, podane przez innych autorów, nie stanowią właściwego rozwiązania naszego zadania.

Przez długi czas myśl, wyłożona przez Loschmidta, stanowiła jedyną metodę obliczania wielkości cząsteczek; poprawiano jej stosowanie z jednej strony przy pomocy danych eksperymentalnych, odnoszących się do zjawisk związanych z długością średnią dróg cząsteczek, z drugiej zaś przez dokładniejsze obliczanie ~~przestrzeni~~ <sup>zajmowanej</sup> przez cząsteczki. Co do tego punktu należy ~~przyjąć~~ <sup>przyjąć</sup>, że w cieczach cząsteczki nie wypełniają całkowicie całej przestrzeni, ~~lecz~~ <sup>lecz</sup> otacza je jeszcze pewna ~~przestrzeń wolna~~ <sup>przestrzeń wolna</sup>, w której poruszać się mogą. Jest przeto ~~daleko~~ <sup>daleko</sup> (właściwsem zastąpić „ob-

porty - mien)

bowiem

1) później niż

↓ on

abyś

przypuścić

↓ ze

Przeobrażenie

dzielnica

1) [W liście do Joule'a, ogłoszonym w Proceedings of the Literary and Philosophical Society of Manchester 1862, Lit. Folio 4055  
 142 ~~przeobrażenie~~ <sup>przeobrażenie</sup> ~~dzielnica~~ <sup>dzielnica</sup>; por. Popular  
 Principles and Addresses, 1862, II, 1862, 177. Page 177]





tych udoskonalić. I po dziś dzień obliczenia, w których zakłada się, iż cząsteczki zachowują się jak kule sprężyste, nie są ściśle ~~przeprowadzone~~ *wykonywane* a nawet najnowsze prace Langevina i Jeansa nie rozstrzygają ostatecznie trudności.)

(Z drugiej strony wspomniana ~~wyższa~~ teoria Clausiusa-Mosotti'ego zachowała tylko interes historyczny; ~~to~~ dziś jest rzeczą zupełnie pewną, że cząsteczki i atomy nie są ~~przewodnikami elektryczności~~ *elektrycznie przewodzące*.)

Ale znacznie donioślejszy ~~jest~~ zarzut natury zasadniczej. Czy cząsteczki i atomy mają w ogóle objętość niezmienną? Niespecjaliści przywykli do wyobrażania ich sobie <sup>w</sup> postaci ziaren sztywnych i stałych; uważają to za zupełnie oczywiste, ale fizycy dzisiejsi są odmiennego zdania. Przedewszystkiem wiemy ~~dziś~~ *dziś*, że tak zwane atomy nie są bynajmniej niepodzielnymi cząstkami jednorodnej materii <sup>↓</sup> lecz ~~niezależnie od tego, jak je sobie wyobrażamy~~ mają skomplikowaną budowę wewnętrzną; dowodzą tego ~~niezwykle~~ *niezwykle* zjawiska rozpadu promieniotwórczego i promieniowania widmowego.)

Byłoby tedy a priori zupełnie prawdopodobne, że granica, ~~do~~ *↓ (cokolwiek rozumieć, idźmy przez to sobie)* której mogą zbliżać się do siebie dwa twory podobne, ~~++~~ granica, określająca wielkość ~~pozornie~~ nieprzenikliwej objętości własnej, zależy od ciśnienia, ~~+~~ *↓* ~~któreś~~ *proponia* atomy ~~się~~ *proponia* ku sobie, może też od temperatury, panującej w układzie i t. p. Można by oczekiwać, że atomy, spotykające się z większą prędkością, zbliżają się środkami swymi bardziej, niż gdyby poruszały się ku sobie z prędkością mniejszą. Istotnie, już przed laty czterdziestu Stefan doszedł do takiego wniosku z pomiarów ~~eksperymentalnych~~ zmiany lepkości gazów w zależności od temperatury. Uderzające potwierdzenie znajdują wyobrażenia te w nowych doświadczeniach nad pochłanianiem promieni  $\alpha$  przez materię; według tych doświadczeń cząstki  $\alpha$ , t. j. atomy helu, dodatnio naelektryzowane i wyrzucane z olbrzymią prędkością około 20 000 km na sekundę, przenikają poprzez ~~setki~~ *setek* atomów substancji materialnej (np. złota), nie doznając wyraźnego odchylenia od swej drogi prostolinijowej.

Z tego wszystkiego zdaje się wynikać, że wielkość pozornie nieprzenikliwych jąder atomowych zależy od okoliczności zewnętrznych, w których zostały obserwowane, że ta wielkość, na przykład dla ~~jednej~~ *wiele* tej samej substancji, może być różna w stanie gazowym i ciekłym. Nadto hipoteza postaci kulistej jest oczywiście ~~zupełnie~~ *zupełnie* dowolna i przynajmniej dla cząsteczek wieloatomowych ~~na pewno~~ *z pewnością* nieuzasadniona.



*Stwierdzenie*

Tym sposobem nietylko ~~zasadnienie~~ metody obliczania Loschmidta została zachwiana, ale okazuje się nadto, że ~~cały~~ problemat musi być sformułowany sposobem ~~zupełnie~~ odmiennym. Punktem zasadniczym Atomistyki jest pytanie, dotyczące liczby atomów, zawartych w oznaczonem quantum substancji. Jest to pojęcie jasno określone, niezależne ~~zupełnie~~ od pytania co do natury atomów. Dopiero znając tę liczbę, można badać, w jakiej mierze okoliczności zewnętrzne wpływają na objętość, przypadającą atomowi lub cząsteczce, i jak wielka jest ona w warunkach normalnych.

*Odtąd* Od czasów Loschmidta podano dla rozwiązania tych pytań ~~cały~~ szereg innych metod, przy (pomocy których) obliczono wielkość średnicy atomu na  $10^{-7}$  do  $10^{-8}$  cm. Niektóre z tych metod są bardzo interesujące i wielce pomysłowe, ale nie przynoszą one rzeczywistego postępu, gdyż najczęściej opierają się na podstawie bardziej jeszcze niepewnej, bardziej związanej z rozmaitemi hipotezami, aniżeli metoda Loschmidta; wszystkie one podlegają przytoczonym wyżej poważnym zarzutom.)

Dopiero w ostatnich kilku latach pojawiły się niektóre prace, odpowiadające wyłożonemu wyżej racjonalnemu postawieniu problemu; rzucają one ~~zupełnie~~ nowe światło na kwestję i pozwalają wyznaczać bezpośrednio liczbę cząsteczek.)

(Przedewszystkiem należy tu wymienić niektóre metody, które można ~~podprowadzić~~ pod jeden wspólny punkt widzenia. Polegają one ~~wszystkie~~ na obserwacji stanów równowagi termodynamicznej i odsłaniają przytem pewne anomalje, sprzeczne ze zwykłą Termodynamiką, a dające się wyjaśnić na podstawie ~~przyjęcia~~, że liczba cząsteczek jest skończona, Teorję owych anomalij wyłożyli Einstein i Smoluchowski; przy czem w pewnym przypadku teorja ta styka się z dawniejszymi pracami Lorda Rayleigha; zasługa eksperymentalnego wykonania przypada głównie Perrinowi. Nie wchodząc ~~wreszcie~~ w szczegóły, które zaprowadziłyby nas zbyt daleko, ograniczamy się do wymienienia następujących metod tego rodzaju:

1. Obserwację ruchu cząsteczkowego Browna;
2. Zjawiska opalescencji w gazach;
3. Rozmieszczenie cząstek emulsji pod wpływem siły ciężkości.

← Ostatnia metoda jest teoretycznie najprostsza oraz najbardziej wy-

↓ podciąganie

↑ przypuszczenia

F pracy

doskonalona pod względem eksperymentalnym, o niej też pomówimy nieco szczegółowiej.

Myśl (zasadnicza jej) jest następująca. Gdybyśmy potrafili ~~stworzyć~~ <sup>wytworzyć</sup> sztucznie cząsteczki o rozmiarach, ~~wprost~~ wymierzyć się dających, lub o masach, dających się zważyć bezpośrednio, // gdybyśmy z drugiej strony umieli wyznaczyć ich ciężar cząsteczkowy (w stosunku do atomów wodoru) według zwykłych metod chemiczno-fizycznych, ~~to cały~~ problemat byłby rozwiązany, albowiem posiadalibyśmy sposób obliczenia bezwzględ-  
nego ciężaru atomu wodoru, a przeto i wyznaczenia liczby atomów, zawar-  
tych w danej ilości substancji.)

(W pewnej mierze jest to rzecz wykonalna. Jeżeli np. ~~rozpuszczymy~~ <sup>rozniekszamy</sup> w wodzie gumigutę, której ~~się używa~~ jako żółtej farby malarskiej, ~~to~~ utworzy ona emulsję. Według teorii kinetycznej, cząstki zawieszone w cieczy, jak owe widzialne w mikroskopie ziarna gumiguty, z których składa się emulsja, powinny w pewnej mierze zachowywać się ~~jak~~, jak gdyby były cząsteczkami gazu: mają tę samą energję kinetyczną i wywierają odpowiednie ciśnienie osmotyczne. Wiadomo, że już dawniej Van't Hoff na podstawie doświadczeń Pfeffera wykazał, że cząsteczki ciała rozpuszczonego wywierają takie ciśnienie osmotyczne, jak gdyby tworzyły ośrodek gazowy bez względu na naturę substancji rozpuszczającej. Toż samo musi zachodzić dla cząstek dowolnie wielkich, ponieważ wielkość cząstek pozostaje bez wpływu na ~~zachodzenie~~ tego związku. <sup>ważne</sup>

Jeżeli przeto pozostawimy emulsję jedynie wpływowi siły ciężkości, ~~to~~ cząstki zawieszone (po pewnym czasie ~~nie spadną~~ <sup>nie spadną</sup> całkowicie na dno, jak dawniej ~~ogólnie~~ sądzono, lecz na dnie naczynia utworzą ~~warstwę~~ <sup>warstwę</sup> grubości skończonej, o gęstości stopniowo malejącej od dołu do góry, / <sup>Tak się dzieje,</sup> <sup>warstwa,</sup> dającą się porównać z gazową atmosferą ziemską. Gdyż W pierwszym przypadku działanie ciężkości cząstek, w drugim ciężkość cząsteczek powietrza, która, ~~gdyby~~ <sup>gdyby</sup> działała sama, byłaby cząstki ~~do~~ <sup>do</sup> ku dnu sprowadziła, ~~pozostaje~~ <sup>pozostaje</sup> skompensowana przez nieustający ruch cząsteczkowy, tak że ostatecznie wypadkowy rozkład cząsteczek jest kompromisem pomiędzy dwiema / <sup>temi</sup> przeciwnymi dążnościami. Różnica obu przypadków jest tylko ilościowa, albowiem ~~naturalnie bardzo~~ wielkie stosunkowo cząstki emulsji podlegają sile ciężkości w stopniu wyższym, niż cząsteczki powietrza. Gdy więc atmosfera ziemską dopiero na wysokości 5 600 m, ma gęstość równą połowie gęstości ~~przy~~ <sup>u</sup> poziomiu <sup>u</sup> morza, ~~to~~ <sup>to</sup> według spostrzeżeń Perrina, ~~przeciwne~~ <sup>przeciwne</sup>, w emulsji gumigutowej, której ziarna miały w średnicy 0.0009 mm, licza-

ba ziaren, zawartych w ~~powinnej~~ danej objętości, spadała ~~na~~ do połowy ~~już~~ przy każdorazowym wzniesieniu ~~na~~ 0.003 mm.

*ciężaru*

(Te dwie liczby 5600 m. i 0.003 mm. są miarą wysokości atmosfery powietrznej i atmosfery gumigutowej, gromadzącej się na dnie naczynia, i dają zarazem sposób wyznaczenia ciężaru względnego tych ziaren ~~w~~ *cząstek* gumigutowych) w stosunku do *cząsteczek* wodoru, na zasadzie twierdzenia ogólnego, że wysokość ta dla różnych gazów musi być odwrotnie proporcjonalna do ich ciężarów cząsteczkowych. W naszym przypadku należy zresztą wprowadzić jeszcze poprawkę, gdyż ciężkość ziaren gumigutowych jest pozornie zmniejszona skutkiem parcia hydrostatycznego. Z drugiej strony łatwo obliczamy ciężar bezwzględny tych ziaren z ich rozmiarów, a stosunek tych liczb daje ~~ten~~ czynnik, przez który należy pomnożyć ciężar chemiczny atomowy lub cząsteczkowy, gdy chcemy otrzymać ciężar bezwzględny atomów lub cząsteczek, wyrażony w gramach. Według wyników pomiarów Perrina wynosi on  $\frac{1}{7.10^{23}}$ , skąd odwrotnie wypływa, że ~~np.~~ gram wodoru zawiera  $7.10^{23}$  atomów.

(To jest liczba podstawowa, którą należało wyznaczyć. Wykonanie praktyczne pomiarów, będących podstawą tego obliczenia, wymaga przewyciężenia pewnych trudności technicznych, jak ~~np.~~ otrzymania emulsji o dokładnie równych ziarnach, dokładnego wyznaczenia ich wielkości, przeliczenia wielkiej liczby ziaren w dokładnie wymierzonym poziomie, ale to wszystko można osiągnąć stosunkowo prostym ~~sp~~ *sposobem* przy pomocy kilku ~~zręcznych~~ pomysłów. Perrin miał tem większe zaufanie do liczby otrzymanej przez siebie i przez swoich współpracowników (Dąbrowski, Chaudesaigues), że zgadzają się z nią bardzo dobrze wartości otrzymane z obserwacji ruchu Browna.

Zanim przejdziemy do dalszego omówienia wyników powyższego wyznaczenia, przedstawimy jeszcze w krótkości najnowszą metodę, która polega na ~~całkiem~~ innych zasadach. Metoda ta współzawodniczy z tą samą pod względem prostoty i przewyższa ją, być może, pod względem dokładności.

(Wiadomo, że w elektrolizie potrzeba przejścia ilości elektryczności wynoszącej 96513 kulomby, by ~~wy~~dzielił się gram wodoru (lub innego jonu jednowartościowego). Jednowartościowe jony wodoru powstają przez odszczepianie ~~po~~ *po* jednym ~~elektronu~~ <sup>e<sub>30</sub></sup> od chemicznego atomu wodorowego; są to więc atomy ~~obciążone~~ *obciążone* jednym elementarnym ładunkiem elektrycz-

*obciążone*



nym. Gdyby więc znany był ładunek elektronu, to dość byłoby podzielić przezeń liczbę powyższą, aby otrzymać liczbę atomów, zawartych w gramie wodoru. Dokładność tej metody zależy tylko od dokładności wyznaczenia ładunku elektronowego.)

Otóż w tym względzie uczyniono w dwóch ostatnich latach nadzwyczajny postęp: metodę doświadczalną, której idea zasadnicza pochodzi od J. J. Thomsona i H. A. Wilsona, amerykańskiego Millikan przekształcił do tego stopnia, że nie tylko pozwoliła na obliczenie z wielką dokładnością prawdziwego ładunku elektronowego, lecz nadto stwierdziła w sposób uderzający atomistyczno-elektronową strukturę elektryczności.

(Millikan otrzymuje za pomocą rozpylacza) bardzo małe kropelki oliwy, które ~~właśnie~~ z powodu swej małości przez czas długi mogą być zawieszone w powietrzu i przytem wiążą ze sobą, od czasu do czasu, to jeden to drugi z jonów dodatnich lub ujemnych, zawsze w powietrzu obecnych. Taką kropelkę umieszcza w ~~przestrzeni~~ pomiędzy dwiema poziomo ustawionymi płytami kondensatora i obserwuje przy pomocy lunety prędkość spadania kropelki pod wpływem ciężkości. Z prędkości tej, przy pomocy znanego wzoru, podanego przez Stokesa, obliczyć można średnicę kropelki, której nie możnaby wymierzyć bezpośrednio z powodu jej małości.)

(Następnie nadaje się płytom kondensatora oznaczoną różnicę potencjałów, tak że kropelka pozostaje pod wpływem skombinowanym swego ciężaru i siły działającej na jej ładunek elektryczny. Jeżeli idzie np. o cząstkę naładowaną ujemnie, to, nadając płytce górnej odpowiedni potencjał dodatni, można sprawić, że wznieśnie się ona pod działaniem pola elektrycznego. Z odpowiedniej prędkości oblicza się łatwo ~~wielkość~~ siły elektrycznej, działającej na kropelkę, w stosunku do jej ciężaru, a stąd znów ~~wielkość~~ ładunku elektrycznego.)

(Warunkiem koniecznym powodzenia tego doświadczenia jest uniknięcie jakiegokolwiek prądu powietrza, a warunek ten był w doświadczeniach Millikana spełniony tak dokładnie, że ~~ta sama~~ ta sama kropelka mogła być obserwowana ~~godzinami~~ w polu widzenia lunety, przyczem spadała i podnosiła się setki razy.

Pomiary Millikana doprowadziły do wyniku, że ładunki elektryczne kropelek są dokładnie wielokrotnościami całkowitemi wielkości wynoszącej  $4.89.10^{-10}$  jednostek elektrostatycznych. Były one to dodatnie, to ujemne; wynosiły cztery, pięć, aż do siedemnastu takich quantów

1) [Według nowszych pomiarów,  $4.774 \cdot 10^{-10}$  jedn. el.-stat.;  
przy wydz.]

Sir

L fizyk

Pomiędzy

H średnie

H wartość

L wartość

Przez kilka godzin

wartości



piętnastu wahano się ~~jeszcze~~ pomiędzy wyborem liczb  $3 \cdot 10^{24}$  i  $6 \cdot 10^{21}$ , dziś zaś idzie już tylko o różnicę niewielu odsetek w podanej wyżej wartości na  $N$ .

Wartość ta stanowi klucz do całego szeregu ważnych wniosków natury zasadniczej. Przedewszystkiem widzimy, że należy podzielić chemiczne ciężary ~~cząsteczkowe~~ przez liczbę  $6 \cdot 3 \cdot 10^{23}$ , aby otrzymać prawdziwy ciężar atomów w gramach. Najmniejsza materjałna, elektrycznie obojętna cząstka, atom wodoru, waży tedy  $1 \cdot 6 \cdot 10^{-24}$  gramów.)

Aby te liczby lepiej zrozumieć, pomyślny, że kropla deszczu zawiera tyle atomów, ile wynosi liczba kropel wody, z których (się) składa ~~całe~~ Morze Śródziemne.

Są to jednak, jak dziś wiemy, nie najmniejsze z istniejących wogóle cząstek; ~~ale~~ atomy posiadają budowę bardzo skomplikowaną. Ich części składowe stają się widocznymi dopiero wtedy, gdy budowa rozpada się w ruiny; taki proces nazywamy „przeobrażeniem promieniotwórczym” atomu, obserwujemy go w substancjach promieniotwórczych. Są to, jak wiadomo, (dodatkowo) elektryczne cząstki  $\alpha$  wielkości atomu helu i cząstki ujemne  $\beta$ , identyczne z elementarnymi cząstkami elektryczności ujemnej, zwanymi „elektronami”. Muszą ~~względnie~~ istnieć jeszcze mniejsze od cząstek  $\alpha$  cząstki (dodatkowo) elektryczne, gdyż dodatni jon wodorowy waży ~~tyle~~ <sup>ile</sup> tyle co czwarta część atomu helu ( $He = 4$ ), lecz natura tych dodatnich cząstek nie jest nam dotąd bliżej znana.

Masę elektronów ujemnych znamy ~~bardzo~~ dokładnie. Można ją, jak to pierwszy wykazał J. J. Thomson, obliczyć z odchylenia promieni katodowych w polu magnetycznym; wynosi ona  $\frac{1}{1820}$  masy atomu wodoru. Elektrony te występują ~~ale~~ tylko jako cząstki naładowane ujemnie; za najmniejszą ~~dotąd~~ znaną cząstkę nieelektryczną, za cząstkę najmniejszą tego, co nazywamy materją, musimy (zawsze uważać jeszcze atom wodoru.)

Z tej podstawowej wielkości otrzymujemy dalej prostym sposobem liczbę cząsteczek, zawartych w jednostce objętości dowolnego gazu w normalnych warunkach (przy temperaturze  $0^{\circ} C$  i ciśnieniu 760 mm.). Albowiem cząsteczki wodoru są, jak wiadomo, dwuatomowe; jeżeli tedy połowę gęstości pomnożymy przez  $N$ , otrzymamy liczbę cząsteczek, przypadającą na  $1 \text{ cm}^3$ , mianowicie  $2 \cdot 8 \cdot 10^{19}$  t. j. prawie połowę wartości, przyjętej przez O. E. Meyera. Wiadomo, że liczba ta, według prawa Avogadro, jest stała dla wszystkich gazów. Kto ~~rozkoznaje się~~ wielkimi

L atomowe

7 maja

L ja 7 nie

L do tych czas

L wodoru

/ lubi



liczb ~~tych~~, niechaj ~~sobie~~ obliczy, ile cząsteczek zawiera atmosfera ziemską, albo z ilu mniej więcej atomów składa się nasz układ słoneczny. W pierwszym przypadku znajdzie liczbę rzędu wielkości  $10^{44}$ , w drugim  $10^{56}$ .)

(Jest to oczywiście zabawka dość bezpożyteczna, gdyż ~~wogóle~~ nie mamy właściwego zrozumienia dla liczb takich). Ale zauważyć godzi się, że nawet w najmniejszej objętości, dostrzegalnej gołym okiem — t.j. w szcianie o krawędzi 0,1 mm, — w warunkach normalnych, zawiera się nie mniej niż  $3 \cdot 10^{13}$  cząsteczek gazu. Okoliczność ta jest wielkiej wagi ze względu na atomistyczno-kinetyczną interpretację twierdzeń Termodynamiki; według której twierdzenie o entropji jest twierdzeniem o prawdopodobieństwie, uzasadnionem statystycznie, które ~~zachodzi~~ tylko z takim przybliżeniem, jak prawo wielkich liczb. ~~Ono jest jasne, że w~~ rzeczy samej w praktyce makroskopijnej mamy zawsze do czynienia z tak olbrzymimi liczbami cząsteczek, że prawo wielkich liczb istotnie ~~zachodzi~~ musi z wielką dokładnością. Natomiast <sup>w</sup>)

~~W~~ w metodach obserwacyj „mikroskopijnych“ mogą ~~przy~~ pewnych okolicznościach zachodzić odchylenia od przebiegu oczekiwanego według twierdzeń zwykłej Termodynamiki; w istocie: tego rodzaju odchylenia stanowią właśnie podstawę wyżej ~~krótko~~ wspomnianych lub ~~szczerze mówiąc~~ opisanych metod ~~do~~ wyznaczania liczb cząsteczek (ruch Browna, opalescencja, rozmieszczenie cząstek emulsji). Musimy ~~wobec~~ odmówić sobie bliższego rozwinięcia tu bardzo interesującego związku pomiędzy Termodynamiką i twierdzeniami Rachunku prawdopodobieństwa, ponieważ rzecz ta przekroczyłaby granice studjum niniejszego.

Z pozyskanego tym sposobem nowego punktu widzenia można dziś podjąć na nowo pytanie o wielkości atomów. Przy użyciu stałej  $\delta$  Van der Waalsa wypadają na wielkość średnicy cząsteczek wodoru, argonu, kryptonu, powietrza i t. p. wartości  $5 \cdot 10^{-8}$  do  $7 \cdot 10^{-8}$ , a więc nie bardzo odbiegające od liczb Loschmidta.)

(Lecz nie rozstrzyga to bynajmniej przytoczonych wyżej pytań zasadniczych) ~~to~~ <sup>co</sup> oznacza taka „średnica“? Czy objętość atomu nie ma być raczej uważana jako ~~pełna~~ <sup>za</sup> sferę działania sił odpychających, jak to na przykład przyjmował Maxwell w swych późniejszych pracach nad teorią kinetyczną gazów? W tej Maxwellowskiej teorii gazów zbudowanej na hipotezie o siłach odpychających cząsteczkowych odwrotnie proporcjonalnych do 5-ej potęgi odległości, nie występuje ani pojęcie drogi ~~wolnej~~ <sup>środkowej</sup> średniej, ani pojęcie prawdziwej średnicy cząsteczki.

Środkowej

w d.c.

[tego poglądu  
↓ stosuje się  
7 zatem  
F być może

Można równie dobrze powiedzieć, że cząsteczki Maxwella mają objętość zero ~~jeżeli~~ (jeżeli przez to rozumiemy bezwzględnie nieprzenikliwą objętość jądra) ~~albo~~ też, że mają objętość nieskończenie wielką, jeżeli za objętość uważamy sferę działania sił odpychających, które przecież, ~~ściśle~~ biorąc, ~~w~~ w tym przypadku sięgają ~~do~~ nieskończoności.

Specjalne prawo działania cząsteczkowego w hipotezie Maxwella było oczywiście ~~przyjęciem~~ prowizorycznem, wybranem z pewnych powodów matematycznych, i nikt poważnie nie wierzył w jego rzeczywistość; tkwi w niem wszakże myśl godna uwagi i trwałej wartości, mianowicie: przyjęcie przejścia ~~miejscem~~ ciągłego dla własności charakterystycznych materji zamiast przejścia nieciągłego na powierzchni cząsteczek.

Czy należy atomistykę budować w sensie teorii ciągłości, czy też teorii nieciągłości? A priori jedno i drugie jest równie możliwe. Albo też, czy należy kombinować oba założenia, przyjmując dla atomów właściwą ~~materiałną~~ objętość jądra, otoczonego pewną sferą przyciągania, jak to czynią n. p. Sutherland i Kleeman ~~w~~ w swych interesujących spekulacjach? Aby móc o tem powiedzieć coś określonego, należałoby przede wszystkim wiedzieć dokładnie, w jaki sposób pozorna średnica atomu, t. j. najmniejsza odległość dwóch spotykających się atomów, zależy od ich prędkości i od innych ewentualnych okoliczności.

Odpowiedź ostateczna na te wszystkie pytania leży jeszcze w dalekiej przyszłości. Pytania te wiążą się oczywiście z zagadnieniem o szczegółach budowy atomów i znajdują ~~swoje~~ rozwiązanie dopiero w połączeniu z rozwiązywaniem ~~zupelnie~~ analogicznych pytań, dotyczących natury elektronów.

Zaledwie Fizyka przez rozwiązanie jednego pytania podstawowego atomistyki zdołała umocnić podstawy nowoczesnego poznania przyrody, już staje przed oszałamiającem mnóstwem nowych zagadek. ~~I~~ Dobrze, że tak jest; ~~inaczej~~ byłaby nauką martwą.

Lwów, Uniwersytet

założeniem

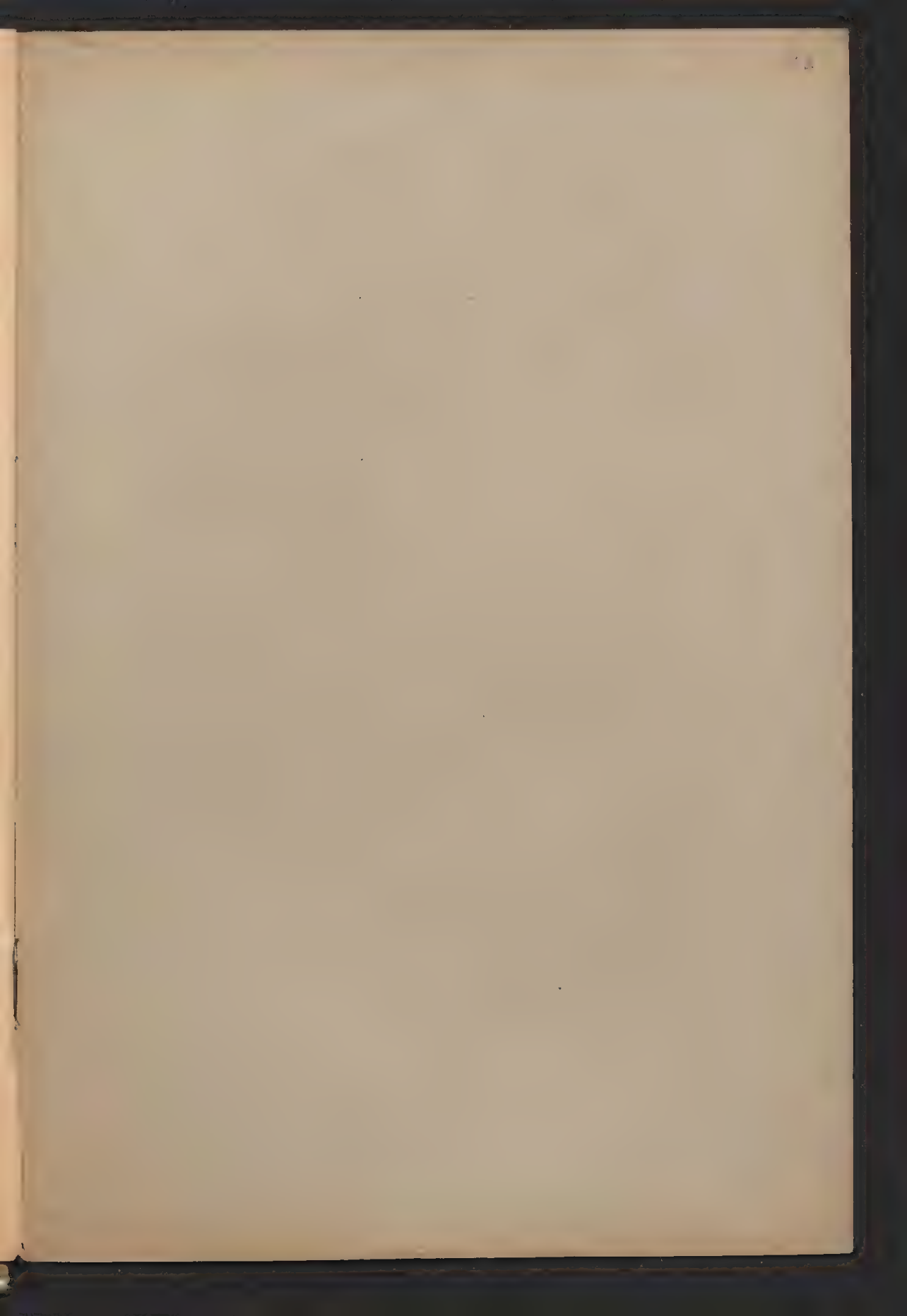
przypuszczenie

presumowanie

wewnętrznej









58. tom III  
Odbitka z czasopisma Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika

KOSMOS XXXVIII.

1913.

~~LXIV~~

## Dzisiejszy stan teorii atomistycznej

[L'état actuel de la théorie atomistique]

napisał

MARYAN SMOLUCHOWSKI.

N<sup>o</sup> 5

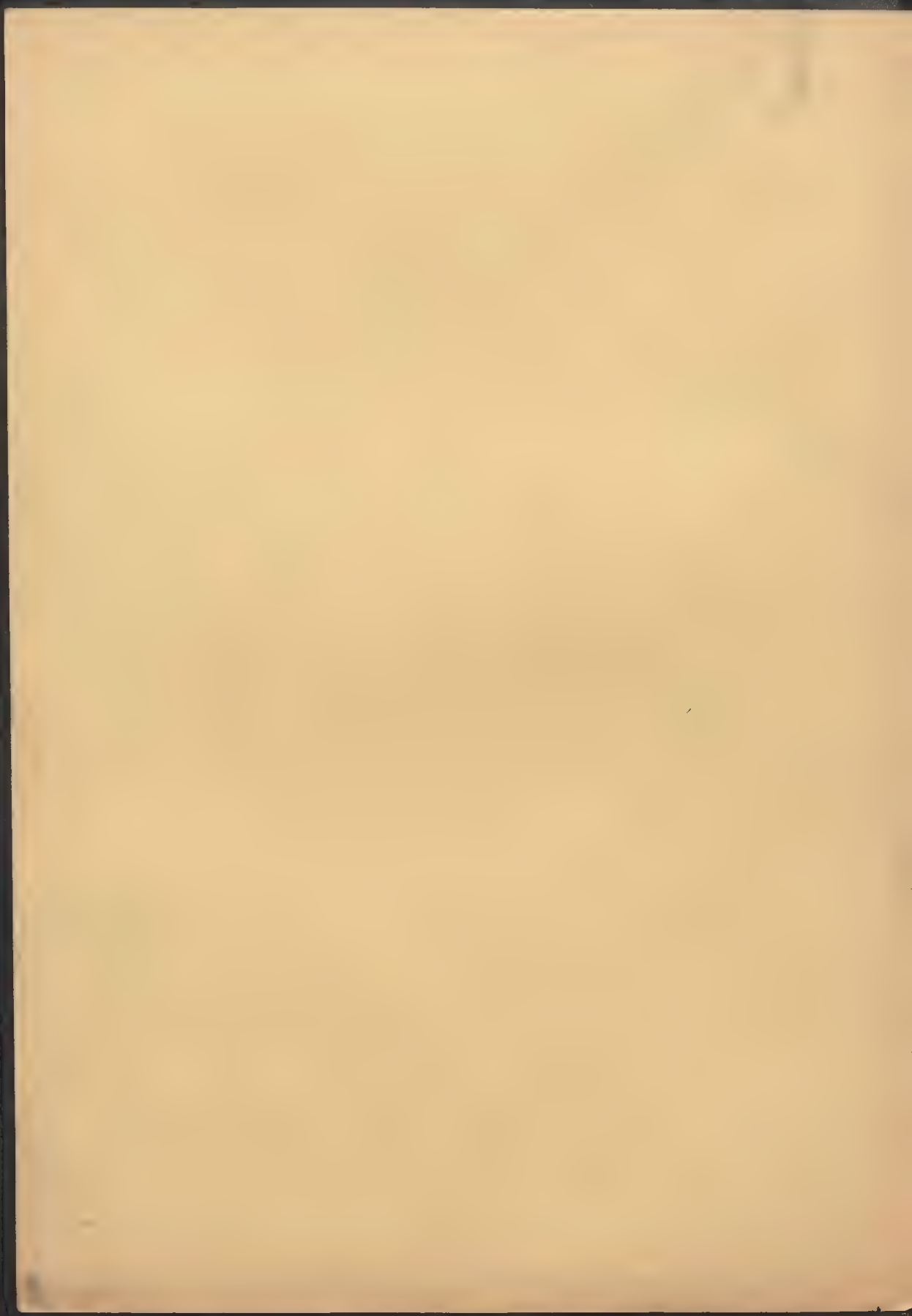


L W Ó W.

I. ZWIĄZKOWA Drukarnia we Lwowie, ul. Lindego I. 4.

1913.





~~Odbitka z czasopisma Kosmos zeszyt 4-6 z r. 1913.~~

Odczyt wygłoszony na kursach uzupełniających dla nauczycieli we  
Lwowie, dn. 12. marca 1913 r. - Kosmos, tom XXXVIII, str. 355-373

1913.

## V. Dzisiejszy stan teorii atomistycznej

[L'état actuel de la théorie atomistique, \*]

~~napisal~~

MARYAN SMOLUCHOWSKI.

Spróbujmy wmyśleć się na chwilę w położenie historyka, który w kilkadziesiąt lat po nas będzie opisywał dzieje nauk ścisłych doby dzisiejszej. Ostatnie dwudziestolecie, na przełomie z dziewiętnastego na wiek dwudziesty, będzie mu się przedstawiało niewątpliwie jako okres świetnego rozwoju nauk ścisłych, w szczególności fizyki, ~~po~~ odkryć nadzwyczajnych, wprost sensacyjnych. Fale elektromagnetyczne i telegrafia bez drutu, ~~u~~ uprzyszczenie niskich temperatur przez skroplenie wodoru i helu, osiągnięcie (w ostatnich czasach) temperatury — ~~272°C~~, ~~odległej tylko~~ o jeden stopień od bezwzględnego zera, ~~u~~ odkrycie promieni Röntgena, ~~u~~ poznanie istoty promieni katodowych, ~~u~~ odkrycie promieni ciał promieniotwórczych, ~~u~~ odkrycie zjawiska Zeemana: wszystko to są odkrycia pierwszorzędne w historii nauk, których znaczenie każdy laik nawet rozumie, i które nawet w prasie codziennej sensacyjnym echem się odzywały.

okres

Jeżeli ów historyk będzie jednak umysłem głębszym, nie zadowolony się zarejestrowaniem tych faktów zewnętrznych, po części nawet przypadkowych, tylko będzie dążył do tego, żeby zdać sprawę z ukrytych sprężyn rozwoju naukowego, z ogólnych prądów umysłowych, prze-

lecz

bez znac

\* Odczyt inauguracyjny na kursie uzupełniającym dla nauczycieli szkół średnich we Lwowie, dnia 12. marca 1913.

W podkreślonych słowach nie spajajcie

150 w podkreślonych słowach nie spójrowi  
bez spac

— 356 —

objawiających się w nauce, to (dopiero jest) właściwa historia nauki. Jakie tedy kierunki naukowe w fizyce, ~~w~~ czyli filozofii przyrody, jak Angliey słusznie powiadają, ~~w~~ uderzą go, jako wybitne cechy, charakteryzujące ten okres czasu?

6 opisać

Gdybym miał określić kilkoma słowami fazę rozwoju fizyki w tym czasie, powiedziałbym, że jest to: odrodzenie atomistyki, połączone z elektryzacją fizyki; ogólnym tłem tego ruchu jest powrót do spekulatywnego romantyzmu naukowego. Będę się starał bliżej wyjaśnić te wyrażenia, dając, z tego ~~właśnie~~ punktu widzenia, pogląd na obecny stan fizyki teoretycznej.

Mówiąc o odrodzeniu atomistyki, tem samem już zaznaczamy, że poprzedzający okres był okresem względnego upadku albo przynajmniej poniewierki atomistyki. Tak ~~toż~~ istotnie było. Pod koniec dziewiętnastego wieku górowała w świecie naukowym opinia, że atomistyka i wraz z nią tak zwana teoria kinetyczna materji jest przeżytkiem, że jest to teoria na zagładę skazana, jak niegdyś Newtona emisyjna teoria światła.

Słynny fizyk i filozof Mach, ~~pod innym względem~~ tak zasłużony około filozoficznego pogłębienia nauk ścisłych, zwał ~~namiętnie~~ atomistykę jako ~~dziesiętną~~ bezpodstawną spekulację. Profesor Ostwald, wówczas niezaprzecznie pierwszą rolę odgrywający ~~na całym obszarze~~ chemji fizycznej, stworzył kierunek „energetyczny“, który upatruje w pojęciu energii jedyną rzeczywistość, a zatem ~~zbóstwił~~ termodynamikę, jako naukę o energii, a potępia ~~całą~~ mechaniczny pogląd na świat, a wraz z nim ~~także~~ pojęcie atomów i ~~probię~~. Podobną rolę we Francji odgrywał słynny Duhem. Za tymi przywódcami szła ~~cała~~ rzesza innych uczonych i uczniów.

H wielbi

H czystość

Jako charakterystyczny szczegół podniosę, że po ~~wypokazaniu~~ <sup>u</sup> ~~wypokazaniu~~ dzieła Boltzmann'a „Vorlesungen über Gas-theorie“ w roku 1898, w ~~znanem~~ niemieckiem czasopiśmie naukowem pojawiło się sprawozdanie o takim brzmieniu: „teoria kinetyczna, jak wiadomo, jest tak samo błędna, jak różne mechaniczne teorie grawitacji, zwłaszcza błędnie pojmuje <sup>ona</sup> zasadę zachowania energii; jeżeli jednak ktos koniecznie chce się z nią zapoznać, niech weźmie do ręki dzieło Boltzmann'a“. ~~W tym Boltzmann w przedmowie do swego dzieła skarży się,~~

w dalrym



Zywa pagina : cały tydzień (z V. przed tygodniem)

— 857 —

czyż

~~że teoria kinetyczna wyszła z mody, i oświadcza, że napisał książkę owa po prostu dlatego, żeby uratować to od zapomnienia co już jest znane.~~

(Jest to rzeczą ogromnie pouczającą śledzić zmienne losy teorii naukowych; są one ciekawsze od zmiennych losów ludzi, bo każda z nich zawiera w sobie coś nieśmiertelnego, choć pewna, cząstka wiecznej prawdy. Jakiż ~~więc~~ był powód owej ~~naganki~~ <sup>mody</sup> na teorię atomistyczno-kinetyczną?)

walki

(Poniekąd była to ~~przekupka~~ <sup>całkiem</sup> usprawiedliwiona reakcja przeciwko pseudo-naukowym wybujałościom, które wyrosły na tle atomistyki. Pojęcia atomów ~~drobin~~ <sup>lecz</sup> wydają się ~~bardzo~~ proste, zrozumiałe) <sup>Lmolekuły</sup> ~~pozwornie~~ teoria atomistyczna nadaje się doskonale do ~~szerokiej~~ <sup>pozwornie</sup> popularyzacji. Popularyzacja jest jednak ~~rzeczą~~ <sup>ogromnie</sup> niebezpieczną, jeżeli podejmują się ~~jej~~ <sup>jej</sup> niepowołani. <sup>W</sup> co na polu atomistyki nagrzeszono, począwszy od pseudo-filozoficznych dzieł, jak sławetna książka Büchnera „Kraft und Stoff“, aż do podręczników szkolnych, <sup>W</sup> ~~tem~~ <sup>Tem zaś,</sup> możnaby zapełnić ~~obszernie~~ <sup>całkiem</sup> tomy,

(Jako odstraszący przykład, który Panów jako nauczycieli <sup>ycieli</sup> może interesować, przytoczę pewien, także u nas, ~~zwłaszcza~~ <sup>zwłaszcza</sup> w Królestwie używany podręcznik szkolny, w którym ~~cała~~ nauka fizyki rozpoczyna się dogmatycznym wygłoszeniem definicji, co to jest materja, atom, molekula. Są to definicje przeważnie bez wartości naukowej, ~~w~~ <sup>w</sup> każdym razie dydaktycznie chybione, ~~n.p.~~ <sup>n.p.</sup>)

(Co to jest ciało? Ciało jest to jakakolwiek ilość materji złożona z molekuł.)

(Zmiana fizyczna jest to taka zmiana, przy której natura molekuł się nie zmienia.)

(Co to jest ciało stałe? Takie ciało, którego molekuły tylko z trudnością mogą zmienić swe położenie.)

~~Wszak~~ <sup>Wszak</sup> Każdy pedagog zrozumie, że nauka fizyki powinna się rozpocząć od poznawania zjawisk fizycznych, a nie od wtłaczania w umysły ~~dziecinne~~ <sup>dziecinne</sup> teoryj, choć zresztą może ~~najzupełniej~~ <sup>najzupełniej</sup> racjonalnych, ~~pod względem naukowym~~. <sup>lecz</sup> ~~Także~~ Teoria atomistyczna nie powinna być podstawą nauki szkolnej, tylko jej ostatnim szczeblem, dostępnym dopiero dla umysłów dojrzałych, które już ~~gwarantownie~~ <sup>gwarantownie</sup> poznały zjawiska konkretne i potrafią zrozumieć ~~właściwe~~ <sup>właściwe</sup> znaczenie hipotez i te-

\*

~~118~~  
~~119~~  
oryj. Przedewszystkiem jednak definicje opierać się powinny na zjawiskach dostrzegalnych, a nie na pojęciach teoretycznych. Nie można się nawet tak bardzo dziwić ~~Ostwaldowi, że wobec takich książek jako antidotum napisał podręcznik chemii, tej najcięższej „atomistycznej nauki”, w której obywały się zupełnie bez pojęć atomów i molekuł. Nie sądzę, by jednak należało użyć skrajnej, ale rozumnej, do której należało napisać taką książkę.~~

Z ~~oną~~ reakcją przeciwko pedagogicznym i naukowym wybujałościom materialistycznej atomistyki łączył się ~~jeszcze~~ ogólny prąd naukowo-filozoficzny, który nazwać można „fomenalizmem“. Przedstawiciele tego kierunku, wymienieni ~~po~~ przednio filozof Mach, fizyk Duhem, po części też ~~anglik~~ Clifford, Pearson i inni, głosili zasadę po części ~~bardzo~~ słuszną, że ostatecznym i jedynym celem fizyki jest: poznanie prawidłowości dostępnych nam zjawisk, ~~w~~ fenomenów fizycznych, nie zaś poznanie wiecznie ukrytej ~~nam~~ istoty wszech-  
rzeczy.

~~115~~  
Badajcie zatem zjawiska fizyczne, mówili, starajcie się opisać je zapomocą równań matematycznych; ~~ale~~ wszelkie spekulacje sięgające głębiej, wszelkie poszukiwania ukrytych mechanizmów ~~tych~~ zjawisk są zgubne, są co najmniej marnotrawieniem sił i czasu! Stworzony „eine hypothetensfreie Wissenschaft“ głosił Ostwald. Jak gdyby wogóle można stworzyć naukę przyrodniczą bez jakiegokolwiek hipotezy! Czyż jakiegokolwiek twierdzenie wychodzące poza zakres samej formalnej logiki, jest absolutnie pewne w zastosowaniu do świata zewnętrznego? To to jest hipoteza; że w tej chwili kilkadziesiąt ~~tych~~ wypełnia tę rolę. Może to tylko moje złudzenie optyczne albo halucynacja w śnie?

Jednak ~~Ogólne~~ hasło było: „precz ze spekulacjami teoretycznymi!“ Zapomniano, że te spekulacje były zawsze najpotężniejszym bodźcem postępu w nauce, że one jedyne wskazują nowe drogi badania. Zapanował w nauce prąd przesadnie krytyczny, możnaby powiedzieć: tchórzliwie trzeźwy. Nie łatwo ~~to~~ obciąć skrzydła umysłowi ludzkiemu; ale kto nie mógł ~~się powstrzymać~~ od spekulacji, przynajmniej powstrzymywał się od ogłaszania ich i ~~kompromitowania się publicznie.~~

~~Przez~~ (Pamiętam ~~dobrze~~, jak ~~nieraz~~ sam ~~długi~~ czas wahałem się i ociągałem z ogłoszeniem moich przyczynków do teorii kine-

tycznej. Wszak naturalnie prąd ten zwracał się przedewszyst-  
kiem przeciwko najpotężniejszej teorii, jaką dotychczas nauka  
wydała, tj. teorii atomistycznej. Kto wie, jak długo ~~owa stag-~~  
~~nacja~~, ów jałowy nastrój byłby potrwał, gdyby nie były  
przyszły, w krótkich odstępach czasu, wstrząsające odkrycia  
Röntgena, Becquerela, małżonków Curie, Zeemana  
i wiele innych badań, które z jednej strony wykazywały na-  
~~macalnie, wiele to~~ jeszcze jest rzeczy pod niebem, o których  
(się dotychczas nie śniło) filozofom, a z drugiej strony udawa-  
niały wartość hipotez naukowych, zwłaszcza teorii atomisty-  
czno-elektronowej.

Dla wytłumaczenia ówczesnego upadku atomistyki naszki-  
cowałem tu kilkoma słowami ogólny nastrój umysłowy owej  
epoki; ~~(to byłoby)~~ wystarczające, jako tło psychologiczne,  
gdyby nam chodziło o prądy w filozofii, literaturze, lub sztuce.  
Ale wyznawcy nauk ścisłych są to ludzie twardzi, uparci  
w swych dążeniach, którzy nie ustępują pod wpływem ogólnych  
nastrojów, ~~i~~ dają się <sup>zas</sup> przekonać tylko argumentami na-  
macalnymi. ~~Otoż~~ Istniały ~~też~~ bardzo poważne argumenty fak-  
tyczne, przemawiające wówczas przeciwko atomistyce i ~~po-~~  
~~wodujące~~ ~~ogólne~~ zniechęcenie ~~do~~ tego kierunku. Roztrząsa-  
niem tego przedmiotu zajmiemy się obecnie nieco ~~więcej~~ <sup>u</sup> szcze-  
gółów, gdyż stanowi on właściwie jądro najważniejszych za-  
gadnień związanych z atomistyką i teorią kinetyczną.

Może przy tej sposobności wolno mi nawiasowo wytłu-  
maczyć, czemu tych ~~pojęć~~ <sup>u</sup> do pewnego stopnia używam jako  
synonimów, pomimo, że właściwe znaczenie ~~tych~~: teoria „ato-  
mistyczna“ i „kinetyczna“ jest ~~całkiem~~ <sup>u</sup> różne. Wszak Wiado-  
mo, że dawna atomistyka Daltona wzbogaciła się, od czasów  
sformułowania zasady zachowania energii, dodatkowem ~~przypuszczeniem,~~  
~~jęciem,~~ że atomy i ~~drobiny~~ <sup>u</sup> znajdują się w bezustannym ruchu,  
że ciepło jest ~~po prostu~~ <sup>u</sup> zapasem energii kinetycznej, a miarą  
energii kinetycznej tych ruchów wewnętrznych jest ~~właśnie~~  
to, co nazywamy temperaturą. Od czasów Roberta Mayera  
i Helmholtza, atomistyka zlała się zatem z teorią kinety-  
czną w jednolitą całość.)

~~Otoż~~ ~~one~~ Zarzuty, o których wspominałem, odnoszą się  
właśnie do zasadniczych ~~właściwości~~ <sup>u</sup> wszelkiej teorii kinetycznej:  
do odwracalności zjawisk mechanicznych.

File

↓ owóz

Powodujące

↓ nazw

7 terminów

Przypuszczenie

Postulat





W d. c.

podobnie

~~Podobnie~~ Rzucając kamień do stawu widzimy, że kamień z czasem ~~zatraca swoje~~ energję kinetyczną, ściślej mówiąc, zamienia ją w ciepło wskutek tarcia o wodę, a sam opada na dno stawu; nikt nie widział jeszcze zjawiska odwrotnego: ~~aby~~ kamienie, leżące na dnie stawu, same przez się wylatywały w powietrze. ~~Zjawisko takie nazwalibyśmy cudem.~~

Tak samo Wlewając wino do wody, widzimy, że ~~te~~ dwie cieczce (się mieszają); nawet bez naszej pomocy z czasem wytworzy się — wskutek dyfuzji — jednorodna mieszanina. Nigdy ~~nie~~ nie zauważymy zjawiska przeciwnego, samodzielnego rozdzielania się wodnistego wina na wodę i wino czyste.

Nieodwracalność ~~tych~~ zjawisk dyfuzji, przewodnictwa cieplnego, tarcia wydaje się ~~zupełnie~~ oczywista, ale termodynamika jeszcze wzmacnia naszą wiarę w nią, dowodząc, że, gdyby owe zjawiska (się dały) odwrócić, możliwe byłoby skonstruowanie perpetuum mobile, ~~co~~ co fizyka nowoczesna uważa za wykluczone.)

Mamy więc ~~oczywistą~~ sprzeczność: teoria kinetyczna nie może być słuszna, ponieważ według niej przy każdym z owych zjawisk również możliwy musiałby być ~~ten~~ przebieg odwrotny.

Wielu ~~dużo~~ uczonych pierwszorzędnych dało się odstraszyć tą argumentacją. Napróżno Boltzmann, wielki ~~bezwzględnie~~ ~~nie~~ starał się sprawę wyjaśnić, tłumacząc, że zjawisko odwrotne jest wprawdzie możliwe, ale jest niezmiernie nieprawdopodobne. Dłaczego, powiadano, przebieganie zjawiska w jednym kierunku miałoby być ~~więcej~~ bardziej prawdopodobne niż w drugim? ~~przecumy?~~

Dzisiaj doszliśmy do przekonania, że ~~jednak~~ Boltzmann miał ~~rację~~ usuwając ~~ona~~ pozorną sprzeczność przez wprowadzenie pojęcia prawdopodobieństwa; ~~i~~ równocześnie pogłęбилиśmy jego pomysły i poznaliśmy niemal namacalne dowody ich słuszności.

Zrozumiemy to najlepiej, rozważając prosty przykład, do którego niewątpliwie reguły prawdopodobieństwa się stosują. Wyobraźmy sobie pudło, które, prawie do połowy wypełniliśmy kuleczkami białymi a następnie dopełniliśmy jednakową ~~liczbą~~ liczbą takich samych kuleczek czerwonych. Możemy te kuleczki tak

L barwnej

L słuszność

5/6

starannie ułożyć, że wszystkie białe znajd<sup>y</sup>wać się będą w jednej połowie, wszystkie czerwone w drugiej połowie pudełka. Jeżeli jednak pudełkiem będziemy potrząsa<sup>li</sup>, porządek ten będzie się zaciera<sup>ł</sup>, nastąpi stopniowe ~~zmieszanie~~ <sup>wymieszanie</sup>, tak że z czasem w każdej części mniejwięcej jednakowe (się znajdą) ilości białych i czerwonych kuleczek. ~~Wszak~~ Stan ~~z~~ mieszczania (oczywiście jest) prawdopodobniejszy niż stan początkowy, uporządkowany, tak samo jak przy rozdawaniu kart między czterech graczy prawdopodobniej każdy otrzyma karty różnych barw; ~~i~~ chyba nadzwyczaj rzadko (się zdarzy), żeby wszystkie karty gracza miały ~~jedną i tę samą~~ barwę.)

(Jest tu ~~naprawdę~~ analogia z winem i wodą w naczyniu, które wskutek wewnętrznych ruchów ~~drobinowych~~ z czasem się mieszają. ~~Jednak~~ W prawdopodobieństwie istnieją tylko różnice stopniowe, każdy możliwy przypadek posiada pewne prawdopodobieństwo i z czasem musi się przytrafić. Jeżeli ~~oni~~ gracze całe ~~swoje~~ życie poświęcą ~~szlachetnej~~ grze w karty, niewątpliwie przytrafi im się kiedyś i taki ~~dziwny~~ przypadek, że jeden dostanie same coeur, drugi carreau, trzeci trèfle, czwarty same pique.)

(Tak samo ~~ten~~ fizyk, obserwujący bezustannie ~~one~~ mieszanie wina i wody, kiedyś musiałby zauważyć, że, choć na chwilę, wino (się oddzieli) samo przez się od wody czystej. Ale jak rzadko (takie a) normalne zjawisko występuje, to zależy od liczby kart, kuleczek, ~~drobin~~ <sup>cząstek</sup> cieczy. ~~Czemu~~ <sup>Czemu</sup> większa liczba ~~ich~~, tem mniejsze prawdopodobieństwo zdarzenia a normalnego ~~to~~ jest to słynne ~~prawo~~ „prawo wielkich liczb“. Istotnie, na podstawie ~~obliczeń~~ <sup>teorii</sup> prawdopodobieństwa twierdzić możemy, że automatycznego rozdzielenia się kieliszka wina wodnistego na czyste wino i czystą wodę nie zauważono by zapewne ani razu w okresie czasu równym tzw. wiekowi ziemi (100 mil. lat); pochodzi to od ~~kolosalnej~~ <sup>kolosalnej</sup> liczby ~~drobin~~ <sup>cząstek</sup> biorących w ~~tem~~ zjawisku.

To wyjaśnia ~~zatem~~ <sup>zatem</sup> ~~one~~ pozorną sprzeczność. W zasadzie wszelkie zjawiska atomistyczno ~~drobinowe~~ <sup>cząsteczkowe</sup> są odwracalne. Że zaś istnieją ~~całe~~ <sup>całe</sup> kategorie zjawisk, które uważamy za nieodwracalne, pochodzi ~~tylko~~ <sup>tylko</sup> stąd, że w praktyce wychodzimy ze stanu początkowego uporządkowanego, nadzwyczaj nieprawdopodobnego z punktu widzenia teorii

liczby

L cząstekowych

L jednak

L cząstek  
J Im

L obliczeń  
J molekuł

L cząsteczkowe



kinetycznej; <sup>2c)</sup> zazwyczaj <sup>o/</sup> wiele za krótki czas zjawisko obser-  
wujemy, aby móc zauważyć jego powrót do ~~owego~~ wyjątko-  
wego stanu początkowego. W naszej krótkowzroczności jeste-  
śmy podobni do ~~owych~~ kwiatów, które na wiosnę <sup>2</sup> <sup>1</sup> (się budzą)  
pod wpływem wzrastającego ciepła słonecznego i podczas ~~swego~~  
krótkiego życia zapewne (to uważają) za dogmat, że: „klimat  
wszechświata ze stanu zimniejszego przechodzi w stan ciep-  
lejszy“. O tem zaś, że kiedyś znów powróci jesień i zima, ni-  
gdy (się nie dowiedzą).

Atomistyczno-kinetyczny punkt widzenia zgadza się za-  
tem tak dalece ~~zgodnie~~ z zasadami termodynamiki, o ile cho-  
dzi o stosunkowo niezbyt długi czas obserwacji, choć dla zja-  
wisk długotrwałych, kosmicznych, wynikają diametralnie prze-  
ciwne konsekwencje. Clausius twierdził na podstawie empi-  
rycznej termodynamiki, że entropja wszechświata bezustannie  
wzrasta, że zatem wszechświat z czasem musi przejść w sta-  
dium ~~zupółnej~~ martwoty, ~~w~~ słynny „Wärmetod“, w któ-  
rym wszelka energia potencjalna zamieniła się w ciepło i wszyst-  
kie różnice temperatur się wyrównają. Teoryja kinetyczna prze-  
ciwnie twierdzi, że po stadium martwoty znów wystąpi nowe  
życie, gdyż wszystkie stany z czasem powracają w wiecznym  
korowodzie.

Wobec tych ~~wszystkich~~ wywodów wrogowie atomistyki  
mogą powiedzieć: ~~Przyznajemy~~ ~~zatem~~, że sprzeczność odno-  
sząca się do istnienia zjawisk nieodwracalnych jest tylko po-  
zorna, gdyż z powodu wielkiej liczby ~~Archie~~ <sup>Herschel</sup>, z powodu  
względnej krótkości czasu obserwacji (z punktu widzenia teorii  
kinetycznej) nie możemy (się wcale spodziewać), żeby ~~one~~ zja-  
wiska sprzeczne z termodynamiką dały się zauważyć w co-  
dziennej ~~naszej~~ <sup>Stg d</sup> praktyce. ~~laboratoryjne techniczne~~. <sup>[Husznor]</sup> Zgoda na  
to ~~ale~~ nie wynika jeszcze wcale, żeby atomistyka miała  
mieć ~~rację~~ w przepowiadaniu ~~owych~~ zjawisk, niezgodnych  
z codzienną empirją, na długą metę. Pokażcie nam ~~choć je-~~  
~~den~~ przykład, u ~~ten~~ zw. zjawisko nieodwracalne przebiegłoby <sup>Uwrotnym</sup>  
w kierunku odwrotnym?

Otoż takich właśnie przykładów poznano ~~cały~~ szereg  
w ostatniem dziesięcioleciu; ~~to~~ to jest wielki postęp, to jest  
~~ostateczne~~ zwycięstwo teorii kinetycznej nad dotychczasową  
termodynamiką, zwycięstwo spekulacji nad krótkowzrocznym

empiryzmem. Gdzie takich przykładów szukać należy, zrozumiemy już na podstawie tego, co dotychczas rozważaliśmy: mianowicie: w świecie mikroskopijnym. Wszak ~~Dozwolimy~~ ~~się~~ ~~Jem~~ prędzej natrafimy na ~~jakiś~~ zjawisko anormalne, mało prawdopodobne, czyli odchylające się od prawa wielkich liczb, ~~czem~~ <sup>im</sup> mniejsza jest liczba ~~drobin~~ <sup>cząstek</sup> w nim udział biorących.

(Zeby w całym kieliszku wina wystąpił rozdział na składowe substancje czyste, jest to rzeczą ogromnie nieprawdopodobną; natomiast ~~prędzej~~ możemy ~~się spodziewać~~ że częściowy rozdział zauważymy w najmniejszych, mikroskopijnie dostrzegalnych jego częściach. Szwedzki chemik Svedberg obserwował przed kilku laty koloidalny roztwór złota, w którym pod ultramikroskopem zauważyć można pojedyncze cząstki złota, jako świecące, bezustannie poruszające się punkciki. ~~Otóż~~ <sup>liczba</sup> tych punkcików, zawartych w polu widzenia mikroskopu, czyli koncentracja złota, zmienia się ustawicznie, to wzrasta, to maleje, wciąż wahając się koło pewnej średniej wartości. Tu ~~zatem~~ widzimy ~~na własne oczy~~ owe automatyczne mieszanie i ~~rozkładanie~~ się roztworu. ~~A także ilościowo~~ <sup>również</sup> stwierdzono ~~dokładną~~ <sup>ważność</sup> wzorów ~~dla~~ tego zjawiska, poprzednio już wyprowadzonych na podstawie teorii prawdopodobieństwa.

Sam ~~cały~~ ruch, które ~~owe~~ cząstki złota wykonywają, jest drugim przykładem zjawiska sprzecznego z tradycyjną termodynamiką. Jest to tzw. ruch Browna, zjawisko odkryte już w wieku ~~18ym~~ <sup>XVIII-ym</sup>, a nieco bliżej zbadane ~~po raz pierwszy~~ przez angielskiego botanika Browna w r. 1827, odąd ~~niezliczone razy~~ <sup>me-</sup> obserwowane, ale (mimo wszelkich wysiłków) niewytłumaczone, aż dopiero w ostatnich latach teoria kinetyczna dała klucz do jego zrozumienia. Można je ~~bardzo~~ łatwo zauważyć ~~już~~ przy pomocy zwykłego mikroskopu, obserwując ~~jakiś~~ preparat zawierający zawiesinę drobnych cząstek w cieczy. Najlepiej do tego nadaje się gumiguta, ~~czarna~~ żółta farba akwarelowa, której odrobinę w wodnym roztworze umieścimy między szkiełkami mikroskopu. Widzimy, ~~tedy~~ przy dostatecznem powiększeniu obraz zadziwiający: cząstki gumiguty, drobnutki kuleczki, wykonywują ruchy bezustanne; trzęsą ~~się~~ <sup>jakby</sup> mrówki krzątające się koło mrowiska; a gdy powiększenie jest mniejsze, wygląda to jak rój komarów tańczących. ~~#~~ Ruchy te są

H rozdzielanie  
filozofowo

XVIII-ym

Zmierzanie czysto

Fig

*T molekuly*

~~całkowicie~~ niezależne od wpływów zewnętrznych i ~~sa~~ w ścisłym znaczeniu słowa nieustanne.

*L 1a*

(Wiemy dzisiaj, że powstają one wskutek uderzeń, wykonywanych przez ~~drobiny~~ cieczy otaczającej; wiemy, że jest to bezpośrednia ilustracja ruchów cieplnych ~~drobin~~, owej agita-cji termicznej, wspólnej wszystkim ciałom o strukturze ~~dro-~~ *crystalizowanej* ~~binowej~~. Dowodem tego jest nie tylko wygląd zjawiska, jego trwałość i niezależność, ale ścisła ilościowa zgodność pomiarów nad niem wykonanych z obliczeniami ~~teoretycznymi~~, opartymi na teorii kinetycznej. Perrin, Dąbrowski, Svedberg i inni sprawdzili doświadczalnie wzory teoretyczne we wszystkich szczegółach, co do zależności zjawiska od czasu, rozmiarów ziarn, temperatury i rodzaju cieczy użytej. *Zgumiguta*)

~~Ciekawa~~ jest też pewna modyfikacja tych doświadczeń: jeżeli (się obserwuje) rozmieszczenie ~~owych~~ cząstek gumiguty w przekroju pionowym, ponad dnem naczynia.)

Mianowicie ~~cząstki~~, mimo że są cięższe od wody, przecież nie opadają wszystkie na dno, jak kamień rzucony do stawu; ~~lecz~~ wskutek swych bezustannych ruchów odbijają się od dna naczynia i tworzą nad ~~nim~~ <sup>na</sup> warstwę, na dole najgęstszą, ku górze ~~stopniowo~~ coraz rzadszą, ~~supelnie~~ tak samo jak atmosfera ziemską (pod wpływem ciężkości) największą przybiera gęstość <sup>na</sup> powierzchni morza, a ku górze staje się coraz rzadsza. Istnieje tu ścisła analogia: ten sam znany ~~pow-~~ ~~szachnia~~ wzór, używany do barometrycznego mierzenia wysokości nad powierzchnią ziemi, stosuje się także do ~~owej~~ atmosfery złożonej z cząstek gumiguty. Różnica jest ~~tylko~~ ilościowa: gęstość atmosfery ziemskiej obniża się do połowy przy wzniesieniu ~~na~~ <sup>o</sup> wysokość 5600 m, w ~~owej~~ warstwie gumiguty występuje takie samo zmniejszenie gęstości ~~na~~ <sup>na</sup> wysokości kilku tysięcznych ~~fmm~~; ~~stosunek~~ stosunek tych odległości musi być odwrotnie proporcjonalny do stosunku ciężarów ~~drobin~~ *(molekuly)* ~~gazu~~ (powietrza) a cząstki gumiguty.)

*1 za 5*

*F milimetra*

(Dzięki tej ostatniej uwadze, która jest ~~prostą~~ konsekwencją elementarnych praw hydrostatyki, zyskujemy sposób obliczenia ~~z tego rodzaju zjawisk~~ ciężaru ~~drobin~~ gazowych, a co za tem idzie, liczby i rozmiarów ~~drobin~~ i atomów. Nie wchodząc w ~~dalej~~ szczegóły, wspomnę tylko, że tym sposobem obliczono, zgodnie ~~zresztą~~ z innymi metodami rachunku, że jeden centy-

*1 cząstka*

*1 molekula*



*Tmolekud.*

metr sześcienny powietrza (czy jakiegokolwiek innego gazu) w normalnych warunkach temperatury i ciśnienia, zawiera  $3 \cdot 10^{19}$ , czyli trzydzieści trylionów ~~drobin. Co takie liczby zna~~  
~~czą, zrozumiemy może lepiej, gdy sobie wyliczymy, że jedna~~  
~~kropelka deszczu tyle zawiera drobin wody, ile kropelek de~~  
~~szczu znajduje się w całym morzu Śródziemnym!~~

~~Ala~~ Powróćmy do przerwanego toku myśli. Bez<sup>2/</sup>względny zwolennik termodynamiki musiałby to (za cud uważać), gdyby kamienie ~~w~~rzucione na dno, same przez się nabierały ruchu i napowrót (ze stawu wylatywały). Tu pod mikroskopem widzimy jak (ten cud, bezustannie się dokonywa), jak cząstki gumiguty na dno opadają, same przez się znowu się wznoszą, znów opadają i tak w ciągłym pozostają ruchu. ~~Więc~~ Doświadczenie rozstrzyga na korzyść atomistyki, ~~tem~~ gdzie jest istotnie sprzeczna z termodynamiką.

7 ~~tytuł~~  
~~należało~~  
Nie znaczy to oczywiście, żeby od ~~dziś dnia~~ termodynamikę ~~trzeba~~ <sup>7</sup>porzucić! ~~Ułatwiliby to studyowanie fizyki słuchaczom uniwersytetu, ale utrudniłoby~~ <sup>z</sup>rozumienie zjawisk przyrody. ~~Wszak~~ Pierwsza zasada, t. zw. zasada zachowania energii, dotychczas pozostaje nienaruszona; ~~a także~~ owa druga zasada, zasada entropji, o którą tutaj ~~nam~~ chodzi, wprowadziła się zachwiała jako ścisły dogmat naukowy, ale ~~przecież~~ zachow<sup>u</sup>ywa swoje swoją wartość, jako prawo ważne z ogromnem przybliżeniem w codziennej ~~naukowej~~ praktyce a odznaczające się ~~przy tem ogromną~~ prostotą, w przeciwieństwie do niezmiernie skomplikowanych ~~zawsze~~ rozważań teorii atomistyczno-kinetycznej. Tylko tam, gdzie występują sprzeczności między jednym a drugim punktem widzenia, ~~tem~~ pierwszeństwo należy się atomistyce. ~~Ten wynik jest trwałą zdobyczą ostatniego dziesięciolecia.~~

<sup>ym</sup>  
Wspomnę krótko ~~jeszcze~~ o innem ~~rodzaju~~ dowodzie doświadczalnym, wykazującym ~~niemal oczywiście~~ słusność zasadniczego założenia teorii kinetycznej, ~~a bezustannie~~ ~~rodzą~~ drobin i atomów. Dowodu tego dostarczyła analiza widmowa. Wyobraźmy sobie, że ~~jakiś~~ gaz jednoatomowy, np. argon albo hel, pobudzamy do świecenia przy pomocy rozbrojeń elektrycznych w rurce Geisslera. Jeżeli gaz jest dostatecznie rozrzedzony, tak że atomy i ~~drobiny~~, ~~co w tym przypadku jest to samo~~, (na siebie wzajemnie nie wpływają), ~~to~~ można przewi-

dzieć, bez względu na ~~specyficzny~~ mechanizm ~~powodujący~~ promieniowanie, że każdy atom ~~będzie~~ wysyłał światło określonej długości fali, odpowiadającej okresowi drgań własnych, w jego wnętrzu się odbywających. Takich drgań może być ~~więcej~~ *mnóstwo* rodzajów, to znaczy, że w widmie zobaczymy szereg linii jasnych, ale każda z nich powinna reprezentować ~~nam~~ światło ~~ściśle~~ monochromatyczne, jednobarwne. Byłoby to słuszne, gdyby atomy, wysyłające ~~one~~ fale, były nieruchome. W rzeczywistości jednak ~~drobiny~~ /gazu posiadają prędkości rzędu kilkaset metrów na sekundę w temperaturze zwykłej. W myśl znanej (zwłaszcza w akustyce) zasady Dopplera, ruch ten musi wywołać zmianę barwy światła.

(Te ~~zatem~~ *wynikający* drobiny, które się ku nam zbliżają, będą wysyłały fale krótsze, odchyłone ku fioletowemu końcowi widma; te, które się oddalają, będą świeciły światłem ~~wiecej~~ /*bardziej* czerwonym. W całości zatem, zamiast matematycznie ostrej linii widmowej, musi powstać smuga o pewnej szerokości; ~~ta~~ szerokość ta będzie ~~bezpośrednią~~ miarą ~~dla~~ prędkości ~~drobin~~ /*molekuł* gazowych. Za pomocą tej samej metody ~~zatem~~, która ~~nam~~ pozwala zmierzyć spektroskopowo prędkości gwiazd ku nam ~~się~~ zbliżających, lub od nas się oddalających, możemy /wyznaczyć prędkości ~~drobin~~ /*molekuł* gazowych. Myśl tę już ~~niegdyś~~ amerykański fizyk Michelson usiłował urzeczywistnić ale wyniki nie były całkiem ~~zadawające~~; ~~gdy~~ nie znano wówczas jeszcze ~~owych~~ gazów jednoatomowych, a przy użyciu gazów wieloatomowych występują komplikacje, zapewne wskutek oddziaływania atomów, ~~złączonych w~~ *cząsteczki*.)

(W ostatnim roku ~~jednak~~ francuscy fizycy Buisson i Fabry wykonali pomiary precyzyjne nad widmem helu, neonu i kryptonu i stwierdzili ~~ściłą~~ zgodność prędkości ~~drobinowych~~ /*molekularnych*, tym sposobem empirycznie /*znalezionych* z ~~temi~~ wartościami, które ~~nam~~ podaje teoria kinetyczna gazów, ~~na podstawie rozważań teoretycznych~~.)

Dotychczas rozważałem ~~właściwie~~ tylko jedną, co prawda najważniejszą fazę odrodzenia atomistyki, t. j. usunięcie wątpliwości i wzmocnienie jej podstaw, które ~~się~~ dokonało w ostatnich czasach. ~~W a dokonało się, niewątpliwie, z siłą tak przekonyującą, że każda lat temu takie długodurujące atomistyki, Ostwald, się do niej nawrócił, i że dziś mogło już~~

*zdefiniowania* trudno znaleźć na tem polu jakichś ~~oponentów~~. Zaznaczyłem jednak już poprzednio, że z tem odrodzeniem połączyło się pewne przeistoczenie atomistyki, a nawet całej fizyki, które *jecha* określiłem słowem „elektryzacja“.)

*/ zdefiniowania* Słowo to przypomina ~~nam pewien~~ przewrót dokonywający się dzisiaj ~~jeszcze~~ w technice. Kto kilka lat temu jeździł ~~np.~~ w Londynie na ~~owej~~ ~~wiecznie~~ brudnej, cuchnącym dymem przepełnionej kolei podziemnej, underground railway, dozna przyjemnego / ~~rozczarowania~~, gdy dzisiaj tam się wybierze. Stacje, tory kolejowe pozostały niezmienione, ale na miejscu lokomotyw parowych zaprowadzono elektromotory; na tem czystość, wygoda i szybkość komunikacji zyskała ogromnie. Podobnie i w nauce (dzisiaj) dawne teorie i dawne pojęcia mechaniczne zastępujemy stopniowo teoriami i pojęciami z dziedziny elektryczności. Nie jest to ~~jednak~~ wyłącznie rzecz upodobania, ~~lecz~~ jesteśmy do tego zmuszeni siłą faktów, chcąc utrzymać w ~~życiu~~ naczelną zasadę badania naukowego: zasadę jednolitości nauki.)

*już za-*  
*rucona.* (Początek zrobiła optyka. Dawna teoria undulacyjna, pojmująca światło jako drgania sprężystego eteru, jest ~~defini-~~ ~~tywnie~~ ~~pogrubiana~~. Dzisiaj optyka jest tylko drobnym poddziałem pewnej kategorii zjawisk elektrycznych, zwanych drganiami i falami elektromagnetycznymi.)

~~Oto~~ W związku z nią, a także niezależnie od niej, w dziedzinie rozbrojeń elektrycznych, rozwinęła się teoria elektronowa, która do tego jest powołana, żeby z czasem wchłonąć w siebie całą dawną atomistykę, ~~+~~ a zatem ~~całą~~ fizykę materji. Teoria elektronowa, jest to (krótko mówiąc) atomistyka elektryczności. Zrodziła się ~~o~~ ~~tylko~~ później niż atomistyka materji, ale podczas ~~tych~~ kilkunastu lat swego istnienia rozwinęła się tak nadzwyczajnie, że pod wielu względami przewyższyła swój pierwowzór.)

*wiele* (Rozwój ten zawdzięcza przedewszystkiem ~~tej~~ okoliczności, że metody mierzenia w dziedzinie elektryczności są o ~~tylko~~ ~~czulsze~~ i doskonalsze niż w zakresie zwykłej mechaniki i termiki. ~~A~~ Najdobitniej wykazuje to fakt, że dzisiaj (metodą Millikana) potrafimy ~~bezpośrednio~~ mierzyć nabój pojedynczych elektronów, to jest ~~owych~~ cząstek, z których (się składa) elektryczność ujemna; // jesteśmy w stanie wykazać ~~naczej~~, że



ilości elektryczności występują jedynie jako wielokrotności ~~owych~~ elektronów. Tymczasem o tem (naturalnie ani marzyć) nie można, żeby móc zważyć pojedyncze atomy materii nieelektrycznej; ~~wszystkie~~ dowody atomistyki materijalnej są natury ~~nie~~ pośredniej.

Byłoby to rzeczą bardzo ~~nie~~ nęcącą dla mnie; zapuścić się w bliższe roztrząsanie ~~tych~~ cudownych doświadczeń, zapomocą których możemy liczyć pojedyncze elektrony, ~~wyznaczyć~~ ich nabój, ~~fotografować~~ drogi, które one zakresłają, ~~i t. d.~~, ale ~~po pierwsze~~ czas na to nie pozwala, a po drugie przedmiot ten łączy się ściśle z działem zjawisk promieniotwórczości, któremu i tak jeszcze szereg wykładów w tym cyklu będzie poświęcony.

Poruszę zatem tylko ~~krótko~~ kwestję wypisków ostatecznych: o ile teoria elektronowa wpłynęła na zmianę poglądów dawnej atomistyki?

Otoż ~~Wszystkie~~ rozumowania dawnej teorii kinetycznej, które polegały na ~~samem~~ przyjęciu, że materia posiada strukturę atomistyczną, zachowują swoją wartość w niezmienionej formie. ~~Parównywałem kiedyś tę transformację do~~ ~~przeistoczenia kawałka drzewa skamieniałego, które swój wygląd i strukturę wewnętrzną zachowało niemal niezmienioną, mimo, że wszelkie organiczne substancje, z których drzewo się składało, zostały zastąpione przez krzemienią.~~ Wogóle teoria elektronowa nie jest rewolucją, nie jest przeciwstawieniem ~~atomistyce~~ Przeciwnie, jest to jej wydoskonalenie i wykończenie.

(Wydoskonalono przede wszystkim, ~~i to w sposób zasadniczy, nasze~~ poglądy na istotę ~~atomów samych~~. Jak naiwne wydają nam się dzisiaj poglądy dawnych atomistów, z przed kilkudziesięciu laty, ~~używających~~ pojęcia atomu w sensie dosłownym i wyobrażających sobie atomy jako ziarna, jako niepodzielne kawałki materii. Co prawda, już dawno przed teorią elektronową ~~pierwszorzędni~~ fizycy byli o tem przekonani, że atomy muszą posiadać zawilą wewnętrzną strukturę, gdyż inaczej nie możnaby ~~sobie~~ wytłumaczyć skomplikowanego widma, złożonego z wielkiej liczby linii widmowych, jakie nawet ~~takie~~ gazy jednoatomowe, jak np. para rtęci, wysyłają. Dzisiaj wiemy, posiadamy na to niezbité dowody, że takie atomy składają się z wielkiej liczby elektronów ujemnych i z odpowiedniej ilości elektryczności dodatniej. Zdaje się rze-

L nasz

Przeistoczeniu

L nie

L którzy

L byś

niejako

czą, niemal zupełnie pewną, że wogóle to, co nazywamy materią, jest tylko połączeniem — ~~jako~~ <sup>jakoby</sup> związkiem chemicznym — elektronów ujemnych i dodatnich; zdaje się również rzeczą pewną, że to, co nazywamy bezwładnością materii, jest tylko objawem sił elektromagnetycznych.

Jaka jest struktura owego związku elektronowego, który nazywamy atomem, tę kwestję usiłowały rozwiązać ~~nadaw~~ ~~czajnie ciekawe~~ spekulacje Thomsona, Rutherforda, Wilsona, Starka i innych; są to jednak dopiero pierwsze próby na tem polu, i nie możemy (sie spodziewać) skonstruowania ~~jakiej~~ <sup>jakiej</sup> teorii racjonalnej, dopóki nie będziemy posiadali dokładniejszych informacji ~~co do~~ <sup>co do</sup> istoty elektryczności dodatniej. To jest jeden z ~~owych~~ <sup>owych</sup> punktów ~~samą~~ <sup>samej</sup> teorii elektronowej, które dotychczas nie zostały należycie wyświecone. Wogóle w ~~samej~~ <sup>samej</sup> podstawach teorii elektronowej jeszcze istnieją poważne braki, potrzeba jeszcze pewnych uzupełnień, np. co do struktury elektronów ~~samych~~. Dopóki one nie są wypełnione, „elektryczność” fizyki nie jest dokończona, jakkolwiek w głównych ~~zawysach~~ <sup>zawysach</sup> już została dokonana.

Z poznaniem złożoności i podzielności atomów łączy się ~~ścisłe~~ inne odkrycie o równie zasadniczym znaczeniu: poznanie ich zmienności. Wiemy dzisiaj, że atomy niektórych pierwiastków — ~~prawdopodobnie~~ <sup>prawdopodobnie</sup> wszystkich — z czasem się rozpadają, tracąc kolejno elektrony ujemne i dodatnie. ~~Wszak~~ Wszystkie zjawiska promieniotwórczości polegają na tych przemianach; ~~wszak~~ Ramsay, Curie, Dewar i inni stwierdzili ~~niezwykle~~, że pierwiastek rad z czasem się przetwarza kolejno na inne pierwiastki promieniotwórcze, między innymi na polon, oraz na hel, gaz jednoatomowy o ciężarze atomowym 4. Niedawno ~~temu~~ <sup>temu</sup> poszła przez gazety sensacyjne wiadomość jakoby Ramsayowi udało się dokonać także odwrótych transformacji, syn tezy cięższych pierwiastków z radem i helu. Nie chcę bynajmniej twierdzić, żeby to miało być niemożliwe, ale dopóki się nie pojawią wiadomości więcej autentyczne, sędzę że wypada powstrzymać się od prawdziwości tych poglądów, gdyż dotychczas mimo wszelkich prób wogóle żadnego czynnika nie poznano, któryby wpływał na szybkość transformacji pierwiastków promieniotwórczych. Odbyna się ona z określoną prędkością dla każdego rodzaju atomów, bez

nie

Winn  
Ciggen

w *dobrym*  
*ciągu*

~~względ na temperaturę, ciśnienie, sposób połączenia chemi-~~  
~~nego itd., trudno wobec tego przypuścić, żeby się udało odwró-~~  
~~cić przebieg transformacji, dopóki nie potrafimy wpłynąć na~~  
~~jego prędkość.~~ *na to*

Bez względu ~~jednak~~, czy i kiedy (się uda) urzeczywistnić  
dawne marzenie alchemików: dowolną transformację pier-  
wiastków, sam fakt, że świat naukowy dzisiaj <sup>↑</sup> takie problemy *aty*  
~~na serio~~ dyskutuje, jest nadzwyczajnie charakterystyczny. Nie-  
spodziewane odkrycia, sprawdzenie doświadczalne najśmielszych  
spekulacji na polu atomistyki i elektroniki, dały potężny im-  
puls fantazji naukowej. Świeższy i śmielszy prąd panuje dziś  
w nauce, niż przed dwudziestu jeszcze laty, kiedy ~~teoretycy~~  
~~członkowie naukowej nauki nam wciąż powtarzali: Trzymajcie się~~  
~~racjonalizmu empirycznych, wstrzeżcie się od spekulacji!~~ *N* Nastąpił okres „ro-  
mantyzmu naukowego“.

Jakiż ~~jednak~~ jest cel ostateczny ~~tych~~ wszystkich speku-  
lacji atomistyczno-elektronowych? *Otoż* <sup>cel</sup> ~~cel~~, który się w osta-  
tnich latach coraz wyraźniej <sup>zarysowuje</sup> ~~zarysowuje~~ jest stworzenie jedno-  
litej teorii, obejmującej całokształt zjawisk fizyczno-chemicz-  
nych, łącznie z krystalografią.

Narzekają ludzie, ~~zwłaszcza laicy~~, często na przesadną  
specjalizację w nauce dzisiejszej. Historia atomistyki jest  
~~doskonałym~~ dowodem, jak konieczna jest specjalizacja, jak  
drobiazgowo, precyzyjne zbadanie pewnych pozornie znikomych  
zjawisk, jak np. ~~wzrost~~ ruchów Browna, ruchów drobnych  
cząstek naelektryzowanych i tym podobnych zjawisk mikro-  
skopijnych, umożliwiło wyciągnięcie wniosków ogólnej donio-  
słości, za pomocą których dążymy do syntezy. ~~Fizyki i chemii~~  
~~Tego zaś laicy nie widzą, że~~ *Ku* takiej właśnie syntezie dzi-  
siejsza nauka zbliża się szybkim krokiem. Dziś już ~~wcale~~ nie  
potrafimy podać definicji oddzielającej ~~obór~~ fizyki od chemii;  
~~Zwłaszcza~~ aspiracje <sup>teorii</sup> elektronowej są bardzo wysokie. *[zwłaszcza]*  
Chce ona objąć całokształt zjawisk — elektrycznych,  
mechanicznych i cieplnych — ale również <sup>also</sup> coraz energiczniej-  
sze ataki dopuszczają do głównych problemów właściwej chemii.  
Zwłaszcza ~~ciekawe~~ <sup>są</sup> usiłowania wyjaśnienia zjawiska warto-  
ściowości chemicznej na podstawie elektronowej. *[Zajmujące]*  
~~definitywnego skutku~~ jeszcze nie odniosły, <sup>chyba</sup> ~~wątpię~~ nie  
można, że w niedalekiej przyszłości elektronika da nam w rękę

*7 ostatecznego skutku*



ten klucz do zrozumienia pozornie bezładnego chaosu zjawisk chemicznych.

~~Ciekawe~~ <sup>zajmujące</sup> Przeżywamy (czasy w nauce).

używanych

Zburzyliśmy w ciągu lat kilku ~~cały~~ szereg dogmatów, ~~ubóstwianych~~ przez uczonych dawnych generacji. Bezwzględna ścisłość praw termodynamiki, niezmiennosc i niepodzielność atomów, matematyczna ścisłość zasad mechaniki newtonowskiej, a nawet tradycyjne pojęcia czasu i przestrzeni — wszystkie te dogmaty runęły. ~~Natomiast~~ <sup>ale</sup> za podstawę uważamy dzisiaj zasadnicze równania elektromagnetycznej teorii Maxwella, albo raczej elektronowej teorii Lorentza i na tej podstawie oddajemy się spekulacjom co do wewnętrznej struktury atomów.

mas

Niema dzisiaj problemu za wysokiego, niema teorii za śmiałej, niema hipotezy zbyt dziwacznej, wolno iść jaką bądź drogą, o ile nas doprowadzi do wyników nowych, lub dawne pozwala ująć w całość z ogólniejszego punktu widzenia.

Lja

każdy

III Fourier

Czy ~~jednak~~ ten spekulacyjny prąd nie sprowadzi nauki na jakiegó bezdroża? Istnieje jedna cecha charakterystyczna dla nauki dzisiejszej, która ją uchroni od pustych, fantastycznych spekulacji, jakie w dawniejszych epokach ~~czarami~~ naukę <sup>nie</sup> chwastami ~~pokrywały~~: to jest jej ścisłość matematyczna. Słusznie powiedział ~~Lagrange~~ <sup>III</sup> „La mathématique n'a point de signes pour exprimer les notions confuses.”

(Matematyka nie posiada ~~nawet~~ znaków do wyrażenia niejasnych, zagmatwanych pojęć.

Przełożyć nasze argumenty na język matematyczny, to jest ~~jedyna~~ kontrola ich ścisłej logiczności. Porównać wyniki z precyzyjnymi pomiarami doświadczalnymi, to jest ~~jedyna~~ kontrola prawdziwości ~~naszych~~ teorii. Wymagania nauki pod względem matematycznej ścisłości i doświadczalnej precyzji wzrastają bezustannie; to napędza nas wiarą w trwałą wartość ~~naszej~~ nauki, mimo pozornych przewrotów w niej się odbywających.

Niestety ~~W tym~~ krótkim, pobieżnym przeglądzie najważniejszych postępów, dokonanych na polu atomistyki, musiałem (się obejść) bez ~~używania~~ symbolów matematycznych; dla tego ~~też~~ obawiam się, że właśnie pozostanie wrażenie niejasne, zagmatwane. Dlatego ~~też~~ kończę prośbą, żebyście Panowie nie

wierzyli ~~moin~~ gołosłownym twierdzeniom, lecz starali się poznać właściwy materiał dowodowy, to jest teoryje matematyczne atomistyki i elektroniki oraz wyniki doświadczalne, z nowszej literatury naukowej. To jedynie może trwałą przynieść korzyść; ~~i tylko wtedy~~ spełniłem zadanie, które sobie postawiłem, jeżeli udało mi się zachęcić Panów do bliższego studiowania tego przedmiotu.

#### R É S U M É.

Les tendances les plus prononcées dans le développement actuel de la physique moderne sont la renaissance de l'atomistique et l'„électrification“ de la physique; elles s'associent à un mouvement spéculatif, après une période de scepticisme phénoménologique.

Aujourd'hui nous savons que les objections soulevées autrefois, par les partisans de la thermodynamique dogmatique, contre la théorie cinétique, sont sans fondement. Les phénomènes du mouvement Brownien, de l'opalescence des gaz etc. vérifient la théorie cinétique, même dans ces détails où elle mène à des conclusions contradictoires à la thermodynamique. Aussi l'irréversibilité des phénomènes thermodynamiques n'est qu'apparente; elle est engendrée par la courte durée de l'observation et par l'in vraisemblance de l'état primitif.

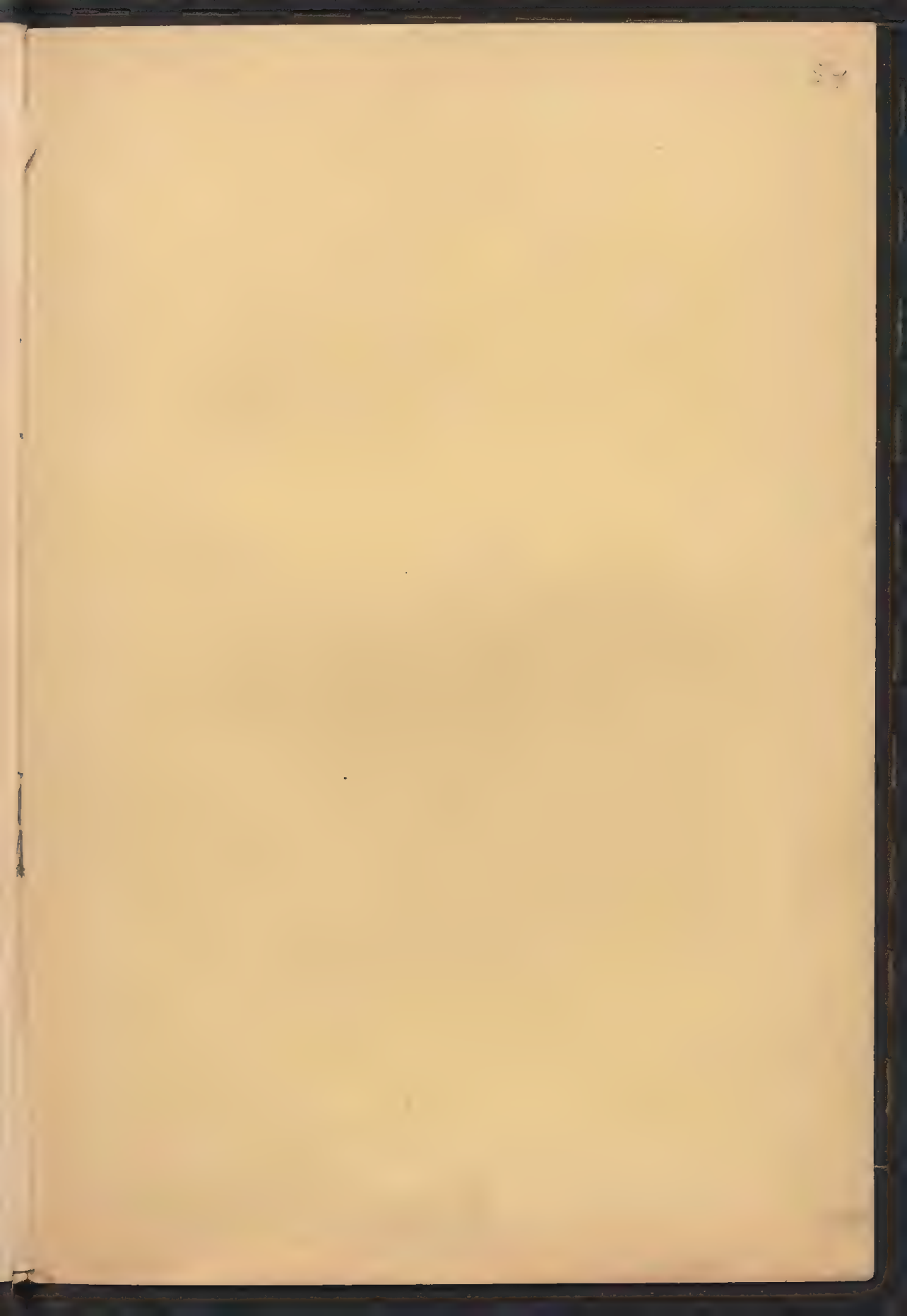
La théorie électronique est un perfectionnement de la théorie atomistique ancienne: elle traduit les conceptions mécaniques en langage électrique. Aujourd'hui elle s'appuie sur la vérification directe de la structure discontinue de l'électricité, donnée par Millikan, et on a raison d'espérer qu'elle révélera un jour le mécanisme des forces moléculaires et même des actions chimiques.

Les spéculations de ce genre dans la physique moderne sont très hardies parfois, mais elles sont légitimes, pourvu qu'on les contrôle par des raisonnements mathématiques et des expériences précises.

*„L'Analyse mathématique n'a point de signes pour exprimer les notions confuses“*









— tom IV  
LXXX

5

DRUKARNIA UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO W KRAKOWIE.





5

Księga Pamiątkowa ku czci Bolesława Czecho-  
wicza, wydana nakładem Towarzystwa dla popierania nauki polskiej;  
(tom II, we)  
(Lwów 1916, str. 445-458).

VI



## Uwagi o pojęciu przypadku w zjawiskach fizycznych.

Napisat

Maryan Smoluchowski

I. Rachunek prawdopodobieństwa, który początkowo w fizyce (stosunkowo podrzędną rolę odgrywał) w postaci »teorii błędów«, służącej do najkorzystniejszego wyzyskania materiału liczbowego pomiarów doświadczalnych) dzisiaj coraz wyraźniej wysuwa się na pierwszy plan, jako metoda matematyczna najbardziej odpowiednia dla celów tej nauki. Nie tylko teoria kinetyczna materii, ale tak samo elektronika, teoria promieniowania, nauka o promieniotwórczości, posługują się w zasadniczych swych badaniach tą właśnie metodą.

Dziwnem to może się wydawać z dwóch powodów.

Wszak Przedmiotem fizyki są prawa przyrody, a prawidłowość, determinizm zdaje się być antytezą przypadkowości, indeterminizmu, pojęcia podstawowego ~~z~~ rozważań z dziedziny prawdopodobieństwa. Jak w ogóle może (się zrodzić) »przypadek« w obrębie zjawisk, przebiegających w myśl niezmiennych praw przyrody? A po drugie: Jeżeli istotnie (przypadek nieobliczalny) odgrywa pewną rolę w zjawiskach fizyki, jak można w takim razie przewidywać przebieg tych zjawisk?

Pytania w tej formie są może zbyt ogólnikowo sformułowane. Matematyk będzie chciał określić problem w ściślejszy sposób: ~~Pod~~ w jakich warunkach zjawisko  $y$ , wywołane <sup>przez</sup> prawidłowo działającą przyczyną  $x$ , można uważać za przypadkowe? W jakich razach przyczyny  $x$ , przypadkowo działające, mogą dać wynik prawidłowy i określony,  $y$ ?

(W kwestiach tych, posiadających zasadnicze znaczenie dla zastosowania teorii prawdopodobieństwa, kierujemy się dzisiaj tylko

zas

1- Powtore

1- postaci





na oślep. Może powie <sup>my</sup> w potocznym języku, że zależy to wówczas od przypadku, czy cel (sięgający od  $x_1$  do  $x_2$ ) zostanie trafiony; ale ~~co do~~ prawdopodobieństwa tego zdarzenia nie w ogóle powiedzieć nie możemy, dopóki nie posiadamy jakichś <sup>innych</sup> dalszych wskazówek co do sposobu, jak ~~ten~~ artylerzysta postąpi przy ustawieniu działa. Jest to może pole, nadające się do spekulacji psychologicznych, ale nie do obliczeń fizycznych. Przypadek, w tem znaczeniu, jest zaprzeczeniem racjonalnej prawidłowości i musi być wykluczony z nauki ścisłej.

III. Natomiast zadanie nasze otrzymuje (od razu znaczenie ~~całkowicie~~ określone, przypadek staje się przystępny ~~metodom~~ rachunkowym, z chwilą, kiedy wprowadzamy n.p. założenie, że wszystkie możliwe kąty  $\alpha$  są równie prawdopodobne. Wtedy oczywiście pra-

wprawdopodobieństwo trafienia celu ( $x_2 - x_1$ ) będzie wynosiło  $\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} d\alpha$

*L / arc.*

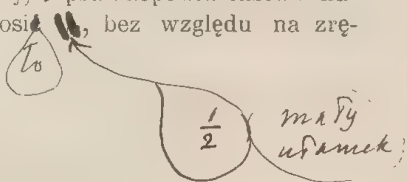
to znaczy, że przy wielokrotnym powtórzeniu doświadczenia taki (się okaże) procent wystrzałów celnych.)

Co prawda, ~~to~~ w takim razie prawdopodobieństwo skutku zredukowaliśmy po prostu do prawdopodobieństwa przyczyny, która koniecznie ów skutek za sobą pociąga. Trzeba się wówczas zastanowić nad dalszem pytaniem: jak urzeczywistnić w praktyce ~~to~~ założenie jednakowego prawdopodobieństwa wszystkich kątów  $\alpha$ ? Sposób dający się łatwo pomyśleć ~~to~~ (choć trudniej wykonać) ~~to~~ polega na tem, żeby rurę działową wprowadzić w niezmiernie szybki ruch obrotowy koło osi poziomej, utwierdzonej w łożyskach ławety i żeby artylerzysta w jakim bądź momencie, n.p. za pomocą kontaktu elektrycznego, spowodował wystrzał.

Możemy wyobrazić sobie zamiast tego podobny przykład, dający się łatwiej urzeczywistnić: strzelec strzela ku tarczy, zaopatrzonej na obwodzie czarnymi i białymi wycinkami, o jednakowych rozmiarach kątowych. Dopóki tarcza jest nieruchoma, można strzelbę tak starannie ustawić, dobierając równocześnie stosownie małą odległość, że na pewno liczyć można na trafienie wycinka czarnego; tak samo rzecz (się będzie miała przy bardzo powolnym obrocie tarczy.)

Przy szybszym obrocie prawdopodobieństwo zależeć będzie od wprawy strzelca; wreszcie, jeżeli prędkość obrotu będzie bardzo wielka, wówczas zależeć to będzie od czystego przypadku, czy trafiony zostanie wycinek czarny ~~czy~~ biały; ~~to~~ prawdopodobieństwo każdego z tych przypadków będzie wynosiło  $\frac{1}{2}$ , bez względu na zrę-

*X czy*



czność strzelca. Rozumiemy to wszystko bez ~~żadnego~~ rachunku; przykład jest tak prosty, że wydaje się banalny, lecz właśnie zanalizowanie dokładniejsze takich najprostszych przykładów najlepiej daje nam poznać rysy charakterystyczne.

IV. Dla czego mówimy, że wynik wystrzału zależy od przypadku w razie niezmiennie szybkiego obrotu? ~~W~~ warunkiem osiągnięcia wyniku korzystnego albo niekorzystnego jest nadzwyczajnie dokładne uchwycenie odpowiedniego momentu, kiedy należy wypalić, bez porównania dokładniejsze, niż tego dokonać potrafi zręczność ludzka. Jeżeli ~~n.p.~~ tarcza posiada 24 wycinków i wykonuje 100

obrotów na sekundę, zależy to od różnicy czasu  $\Delta t = \frac{1}{2400}$  sekun-

dy w chwili wystrzału, czy wynik będzie korzystny ~~lub~~ nie. Trudno ocenić szybkość decyzji i wprowadzenia jej w czyn ze strony człowieka, ale to jest chyba pewne, że nawet przy wystrale na komendę u najzręczniejszego osobnika panować będą nie dające się

opanować przypadkowe ~~z~~ zboczenia  $\tau = \frac{1}{20}$  sekundy. Na taki czas przypada już nadzwyczaj ~~wielka~~ <sup>znacząca</sup> liczba przypadków korzystnych oraz taka sama liczba przypadków niekorzystnych.

Jako cechy charakterystyczne, które następnie również i w innych tego rodzaju przykładach napotkamy, podkreślić trzeba zatem następujące okoliczności:

1. Nadzwyczajnie mała różnica warunków początkowych (zmiennej  $t$ ) rozstrzyga o tem, czy wynik będzie korzystny ~~lub~~ niekorzystny. Mała przyczyna, ~~ale~~ wielki skutek, oto co przedewszystkiem charakteryzuje »przypadek« w zjawiskach fizycznych.)

(Cóż znaczy jednak słowo »mała« różnica? Mały lub duży, są to pojęcia względne. Otóż rozumiemy to słowo w znaczeniu: mały, w porównaniu ~~do~~ <sup>u</sup> obrębu ~~»niedającej się opanować zmienności«~~ warunków początkowych. ~~Wszak~~ <sup>Wszak</sup> ~~o~~ przypadku tylko wówczas może być mowa, jeżeli warunki początkowe (czas  $t$ ) mogą ~~się~~ wahać w sposób nieokreślony, w obrębie pewnych, zazwyczaj niewielkich różnic.

2. Wynik korzystny (~~i~~ tak samo wynik niekorzystny) da się osiągnąć przez wielką liczbę różnych możliwych konstelacji warunków początkowych, ~~ale~~ w obrębie <sup>ich</sup> przypadkowej zmienności. ~~trzeba~~ Można też powiedzieć, że ten sam skutek zostaje wywołany przez jakąbądź z pomiędzy wielkiej liczby różnych przyczyn. Wycinek

III Gdyż

○ 1/2400

○ 1/20

Γ nie

↓ kolwiek.





itszych kierunkach; ~~można~~ można obliczyć czas, który upłynie aż do chwili, kiedy ~~drobina~~ drobina przez otwór wyjdzie na zewnątrz, jako funkcję jej początkowego położenia i kierunku jej ruchu początkowego. (Długość tego czasu będzie w najwyższym stopniu zmienna, zależnie od owych dwóch warunków początkowych. Wszak już przy minimalnej zmianie kierunku pierwotnego ~~drobina~~ uderzy o część ściany inaczej pochyloną (z powodu ~~owych~~ drobnych »chropowatości«), co pociąga za sobą znaczną zmianę kierunku drogi po odbiciu. Każde odbicie działa zatem w myśl poprzednio wymienionej zasady (1): mała różnica warunków początkowych, ~~ma~~ duża różnica skutków. Jeżeli kierunek początkowy był w pewnych granicach przypadkowo dobrany, ~~to~~ kierunki i położenia drobin po kilkakrotnym odbiciu podlegają przypadkowi w sposób wielokrotnie powiększony.)

Takie ~~cechę~~ <sup>również</sup> (2) odnajdujemy w tym przykładzie, gdyż oczywiście najrozmaitsze kombinacje dróg początkowych będą dawały ten sam skutek końcowy (wyjście ~~drobiny~~ drobiny przez otwór w danym czasie). Zdaje się, że warunek (3) ma tutaj mniejsze znaczenie, <sup>jeżeli</sup> ~~o ile~~ otwór jest tak mały, że ~~całe~~ zjawisko trwa dostatecznie długo<sup>1</sup>. Nie udało się w ogóle jeszcze dokonać szczegółowej analizy matematycznej tego przykładu; ale teoria kinetyczna gazów daje nam ~~bardzo~~ poważne powody do przypuszczenia, że w tego rodzaju przykładach prawdopodobieństwo kierunku i miejsca ~~Anuluj~~ staje się przybliżenie jednostajnem po upływie dostatecznie długiego czasu. <sup>to</sup> Znaczy ~~to~~, że ~~dwa drobin~~ ~~z wyjątkiem~~ z wyjątkiem pewnych przypadków osobliwych, ~~z~~ z jednakowym prawdopodobieństwem w jakim bądź kierunku przestrzeni ~~się porusza~~ <sup>↑</sup> o wszystkie elementy ścian ~~owego~~ naczynia przeciętnie równie często uderza, ~~o ile~~ <sup>jeżeli</sup> tylko, od chwili nadania jej impulsu pierwotnego, upłynął pewien czas, zależny od rozkładu prawdopodobieństwa kierunku pierwotnego.

Jeżeli przyjmiemy ten wniosek za ważny, łatwo dojdziemy do wyniku następującego: prawdopodobieństwo, ażeby ~~drobina~~ w prze-

<sup>1</sup> W pewnych przypadkach, np. jeżeli ściany naczynia są idealnie gładkie i ~~posiadają~~ kształt dokładnie kulisty albo kształt prostokątny, twierdzenie o ustaleniu się równomiernego przypadkowego rozkładu prawdopodobieństwa nie będzie ważne. Zdaje się, że założenie »chropowatości« ścian wyklucza możliwość takich przypadków »osobliwych«. Stopień chropowatości, oraz kształt naczynia muszą wpływać na długość czasu potrzebnego do ustalenia się rozkładu równomiernego.

H cząsteczka

H cząsteczka

H molekuly

H cząsteczek

H cząsteczka,

III porusza się

jeżeli

H cząsteczka

↓ pętko

↑ naczynie ma

Try razy na tej stronie

ma być  $\frac{16}{3}$  (malerki smutek) zamiast 4

$\pi$  korygowy  
względnie

53

Pojęcie przypadku w zjawiskach fizycznych

451

ciągu czasu  $dt$  <sup>(wybiega)</sup> ~~wybiega~~ przez ~~ten~~ otwór, ~~hadzie~~ wynosi  $\frac{16}{3} \frac{w c}{(a^3 \pi)} dt$   $\ll a \text{ cap}$   
jeżeli  $w$  oznacza powierzchnię otworu.

VI. Poznaliśmy w fizyce jedno zjawisko, które przebiega w myśl takiej ~~samej~~ zasady: rozkład atomów substancji promieniotwórczych. Naczynie, w rodzaju właśnie omawianego, z ~~napu~~ <sup>wpu</sup>szczoną do środka cząstką  $\alpha$ , daje ~~nam~~ obraz zachowania się atomu emanacji radowej.

~~Wszak widocznie~~  $\gamma$  pomiędzy  $n$  takich atomów rozkłada ~~się~~ <sup>się</sup>  
w czasie  $dt$ :

$$\frac{w c}{4(a^3 \pi)} n dt = -dn$$

wyrzucając równocześnie ~~z~~ siebie po jednej cząstce  $\alpha$ ; ~~wie~~ rozkład ~~zostaje~~ w myśl charakterystycznego prawa wykładniczego: ~~zatem~~  $\text{odgwa się}$

$$n = n_0 e^{-\gamma t}$$

przy ~~czem~~ <sup>wynosi</sup> współczynnik  $\gamma$   $\gamma = \frac{w c}{4(a^3 \pi)}$   $\ll a \text{ cap}$

Porównanie to ma oczywiście tylko znaczenie ~~w~~ <sup>(sch)</sup>tematycznej ilustracji ~~zjawiska~~, ale daje ono ~~jakoś~~ pewne wskazówki co do jego przyczyn wewnętrznych. W każdym razie (jak już Rutherford i Soddy zauważyli) ~~rozkład~~ rozkładu w myśl porównania atomu z jakimś systemem planetarnym, postępującym drogą ciągłej wewnętrznej ewolucji; również niemożliwa jest hipoteza J. J. Thomsona, oparta na przypuszczeniu, że atom promieniotwórczy stopniowo ~~promieniuje~~ <sup>promieniuje</sup> energię swoją w przestrzeń i wskutek tego ~~wreszcie~~ <sup>wreszcie</sup>, przy przekroczeniu granic statecznej równowagi ~~układu~~ <sup>układu</sup> wewnętrznego, doznaje przemiany promieniotwórczej. Wówczas bowiem atomy musiałyby ~~(się starzeć)~~ stopniowo i prawdopodobieństwo rozkładu w pewnym czasie musiałyby być większe dla starszego niż młodszego atomu, co ~~(się sprzeciwia)~~ <sup>(się sprzeciwia)</sup> faktom obserwowanym.

Musimy przypuścić, że w atomach ciał promieniotwórczych odbywają się wciąż jakieś nieregularne zmiany, o tyle przypadkowe, że przebiegają po krótkim czasie zupełnie różnie w atomach, których stan początkowy był bardzo podobny; że pewne konstelacje wewnętrzne, które ~~liczbowo tworzą~~ <sup>liczbowo tworzą</sup> tylko bardzo drobny procent wszystkich możliwych, pociągają za sobą proces rozkładowy. Czy zaś źródło tego ~~procesu~~ <sup>procesu</sup> rozkładowego leży w ~~atomie~~ <sup>atomie</sup> samym, czy

też właściwym czynnikiem jest <sup>tu/</sup> jakieś promieniowanie zewnętrzne <sup>tu/</sup> które działa rozkładowo na pewne konstelacje, <sup>tu/</sup> to jest dla rzeczy samej zupełnie obojętne, dopóki nie potrafimy wpłynąć na zmianę tych czynników.

VII. Przykład poprzedni jest w ~~samej~~ swej istocie zbyt skomplikowany, ażeby na nim można <sup>tu/</sup> dokładnie, matematycznie zanalizować genezę przypadkowości. Dla tego rozważmy jeszcze jeden przykład, w którym łatwiej się daje rozpoznać właściwe źródło „przypadku” i sposób jego działania.

(Jest to t. zw. deska Galtona, przyrząd, który uważam za najlepszy model zjawisk prawdopodobieństwa. Składa się on z deski, nachylonej pod pewnym kątem, do której wbito wielką liczbę sztyfcików, w jednakowych odstępach, rzędami poziomymi, ~~z~~ w taki sposób, że naprzemian sztyfciki jednego rzędu ~~umieszczone~~ <sup>po</sup> niżej otworów poprzedniego rzędu. Kuleczki o jednakowej wielkości, odpowiadającej ściśle odległościom sztyfcików, wypuszcza się z pewnego miejsca ~~z~~ górnej krawędzi tej deski, tak, że tocząc się po niej, napotykają ~~na~~ sztyfciki i przeciskając się między nimi, dochodzą do dolnej krawędzi, gdzie wpadają w odpowiednie przegrody. Pokazuje się, że układają się tam w myśl „prawa błędów”

Gausa:  $y = \frac{1}{\sqrt{\alpha\pi}} e^{-\frac{x^2}{\alpha}}$  tak że najwięcej (ich się nagromadzi) w środku, poniżej punktu skąd je wypuszczano, a coraz mniej ku bokom; wysokości, do których sięgają w przegrodach, odpowiadają wprost wartościom  $y$  owego wzoru.)

(Zrozumiemy łatwo działanie tego przyrządu, jeżeli <sup>założymy</sup> przyjmujemy, że kuleczka, wpadając na jakibądź sztyfcik, odchyła się całkiem przypadkowo, tak że z jednakowym prawdopodobieństwem przecięśnie się koło niego po jednej lub po drugiej stronie. W takim razie wynikiem każdego takiego zdarzenia elementarnego jest równie prawdopodobnie przyrost odciętej  $x$  o połowę odstepu między sztyfcikami, jak zmniejszenie się jej o ową wielkość.)

(Jeżeli zatem przez  $m$  oznaczmy liczbę rzędów sztyfcików, a odstep między sztyfcikami tego samego rzędu oznaczmy przez  $b$ , wówczas kula osiągnie po przejściu przez wszystkie rzędy odstep  $x = nb$ ,

<sup>1</sup> Za tem ostatniem przypuszczeniem przemawiałaby analogja z rozkładem fotoelektrycznym, który zdaje się również podlegać prawom przypadku. Por. nowsze badania Joffe'go i E. Meyera.

$$y = \frac{1}{\sqrt{\pi\alpha}} e^{-\frac{x^2}{\alpha}}$$

(na środku kolumny)



Pojęcie przypadku w zjawiskach fizycznych 453

jeżeli  $\frac{1}{2}(m+n)$  razy doznała odchylenia dodatniego, zaś  $\frac{1}{2}(m-n)$  razy odchylenia ujemnego. Prawdopodobieństwo takiej kombinacji zdarzeń elementarnych wynosi, w myśl znanego twierdzenia Bernoulliego:

$$P(n) = \sqrt{\frac{2}{\pi m}} e^{-\frac{n^2}{2m}}$$

Procentowa liczba, przypadająca na przegrody w odstępach od  $x$  do  $x + \Delta x$ , będzie zatem:

$$P(n) \Delta x = \frac{1}{\sqrt{2 b^2 m \pi}} e^{-\frac{x^2}{2 m b^2}} \Delta x$$

to znaczy, że rozkład kulek ~~znaczący~~ będzie znaną dzwonową krzywą Laplace'a Gaussa. Tak tłumaczy się ~~dotychczas~~ prawidłowy wynik ostateczny, ~~co~~ przyjmujemy zasadnicze założenie ~~co do~~ zupełnej przypadkowości zjawisk elementarnych.

VIII. Słusznie jednak można powiedzieć, że nie wyjaśniliśmy jeszcze rzeczy, (tylko odsunęliśmy) trudność; ~~to~~ pozostaje ~~nam~~ do wytłumaczenia, dla czego skutek każdego uderzenia kuli o sztyfcik uważać można za zjawisko zupełnie przypadkowe. ~~Wszak~~ zdawałoby się, że początkowe położenie i początkowa prędkość kuleczki (już jednoznacznie) określają ~~całe~~ dalsze jej zachowanie się; ~~gdybyśmy~~ ~~się~~ ~~znali~~ dostatecznie dokładnie te wielkości, jak i położenie wszystkich sztyfcików, ~~możemy z góry~~ obliczyć miejsce, które ona w końcu musi osiągnąć.

Co prawda, ~~to~~ w praktyce, różne, nie dające się skontrolować czynniki uboczne, jak ruchy obrotowe kuleczki, drobne nierówności deski, minimalne wypukłości i wklęsłości powierzchni kuleczki i t. d., wielce (się przyczyniają) do wytworzenia „przypadkowości”; ~~to~~ sądzę, że, nawet pomijając te czynniki i rozważając przykład idealnie uproszczony, można zrozumieć, do pewnego stopnia, skąd pochodzi tutaj, pozorna przypadkowość.

Wyobraźmy sobie ~~bowiem~~ ową deskę, tak samo jak kuleczkę i sztyfciki, idealnie gładką, tak że (tylko) postępowy ruch, pod wpływem prędkości początkowej, ciężkości oraz spotkań ze sztyfcikami, ~~rozważać~~ ~~potrzeba~~. Załóżmy, że spotkania te odbywają się zupełnie niesprężysto, tak że składowa prędkość kuleczki, normalna do płaszczyzny styczności, zostaje zniesiona, a składowa styczna pozostaje niezmienną.

w dalszym ciągu  
któregoś czasu.

bez aca-p.

Wówczas łatwo można (tak rzecz) urządzić, obierając, nachylenie deski stosownie małe, że kuleczka, uderzywszy o sztyfcik  $B_1$ , zostanie zawsze odbita ku sąsiedniemu sztyfcikowi  $C_1$  po prawej, lub  $A_1$  po lewej stronie, od niego znów odbije się ku  $B_1$  i t. d., aż po wielokrotnem odbiciu wreszcie prześliznie się przez otwór między tymi dwoma sztyfcikami. Czy przejdzie ona przez otwór  $A_1 B_1$ , czy  $B_1 C_1$ , to zależy od tego, po której stronie sztyfcika  $B_1$  pierwsze nastąpiło uderzenie.)

(Po której zaś stronie sztyfcik  $B_2$  (lub  $C_2$ ) drugiego rzędu uderzony zostanie, to zależy wyłącznie od kierunku minimalnej prędkości, pozostałej po wielokrotnem odbiciu między  $A_1 B_1$  (lub  $B_1 C_1$ ). To zaś zależy znów od punktu na powierzchni  $B_1$ , w którym nastąpiło pierwsze uderzenie. Nadzwyczajnie mała różnica w położeniu tego punktu pociąga za sobą, jako skutek, nabycie drobnej pozostałej prędkości w kierunku ku prawej lub lewej ręce,  $C_2$  lub  $B_2$ , a zatem przesunięcie kulki w następnym rzędzie o  $+b$  lub  $-b$ .)

(Rozpoznajemy więc znów cechę charakterystyczną (1): »mała różnica przyczyny, duża różnica skutków«; a również odnajdujemy cechę (2), -gdyż, zależnie od położenia punktu uderzenia na powierzchni sztyfcika  $B_1$ , przechodzić będziemy od wierzchołka ~~ku~~ do łowu w ogromnie częstej zmianie ~~po~~ położenia, które naprzemian wywołują albo skutek  $+b$ , albo  $-b$ . Ten sam zatem skutek  $+b$  odpowiada wielkiej liczbie konstelacyj początkowych, czyli: »rozmaite przyczyny, ten sam skutek«.)

(Właściwości te występują tu nawet w postaci szczególnie jasnej, w razie, jeżeli odstęp między sztyfcikami równają się dokładnie średnicy kulki, gdyż wówczas liczba owych odbić będzie nieskończenie wielka, a składowa prędkość, pozostająca po przejściu przez otwór, będzie nieskończenie mała. Z symetrii warunków tych odbić wnioskujemy dalej, że prawdopodobieństwo skutków dodatnich i ujemnych jest jednakowo wielkie.)

(Teoretycznie zatem sposób każdego odbicia zależy wprawdzie od skutku odbicia poprzedniego, ale zależność ta nie da się wcale przedstawić w postaci zwykłej funkcji analitycznej. Już każda nieskończona mała zmiana warunków ~~w~~ skończoną zmianę skutków  $+b$  na  $-b$ , lub na odwrót, a prawdopodobieństwa tych wydarzeń są jednakowo wielkie przy każdorazowym przejściu kuli przez otwór w szeregu sztyfcików; rozumiemy zatem, że zjawisko

kurwa

kurwa

H wywołuje

<sup>3</sup> <sup>2</sup> <sup>1</sup>  
tak się przedstawia, jak gdyby wynik każdego spotkania z szeregiem sztyfcików był ~~zupełnie~~ przypadkowy i nie zależał od poprzedzających je wypadków.)

(W rzeczywistości ~~przypadkowość~~ takiego zdarzenia elementarnego nie będzie zupełna, gdyż odstęp między sztyfcikami musi być nieco większy niż średnica kuli, zatem liczba odbić nie będzie nieskończenie wielką; ~~na~~ <sup>na</sup> ogół pozostanie pewien ślad zależności między przejściami kulki przez kolejne rzędy, ale zależność ta bardzo szybko zanika w ciągu dalszych przejść i ~~mały~~ <sup>mały</sup> na ogół ~~wy-~~ <sup>wy-</sup>wiera wpływ na całe zjawisko.

*Wywiera*

*gdy*

Charakterystyczny znów jest rys, że wprawdzie pojęcie przypadku i prawdopodobieństwa tylko wówczas (się dają) stosować, ~~je-~~ <sup>je-</sup>żeli warunki początkowe są do pewnego stopnia zmienne, że jednak wynik ostateczny, rozkład końcowy, ~~nie~~ <sup>nie</sup> zależy ~~zupełnie~~ <sup>nie</sup> od obrębu i rodzaju tej zmienności (~~o~~ <sup>o</sup> tylko zmienność przyczyny pierwszej określona jest funkcją ~~analityczną~~ <sup>analityczną</sup>). Czy będziemy się więcej lub mniej o to starali, żeby wszystkie kuleczki puszczać w drogę dokładnie tak samo, ~~to~~ <sup>to</sup> wcale nie wpływa na ich rozkład ostateczny; ułożą się one w każdym razie według krzywej Laplace'a i Gaussa.

*↓ wcale  
jeżeli  
przez*

IX. Przyrząd Galtona tworzy doskonałą ilustrację wielkiej klasy zjawisk fizycznych: zjawisk dyfuzyjnych. Gdybyśmy z różnych punktów pierwszego szeregu sztyfcików wypuszczali różnobarwne kuleczki w określonej proporcji, ~~musiałyby~~ <sup>musiałyby</sup> te różne kategorie kuleczek ~~mieszać~~ <sup>mieszać</sup> się między sobą stopniowo, w miarę jak one postępują przez kolejne szeregi sztyfcików. Łatwo można istotnie wykazać, że do tego zjawiska stosuje się dokładnie dobrze znane równanie, które ~~określa~~ <sup>określa</sup> stopniowo, w miarę czasu, postępującą dyfuzję. Rachunek <sup>1)</sup> jest zupełnie identyczny z obliczeniem dyfuzji ~~dro-~~ <sup>dro-</sup>bin gazowych lub cząstek emulsji, które początkowo były rozmieszczone z gęstością zależną od odciętej  $x$ , a z czasem ~~się~~ <sup>się</sup> mieszają wskutek swych ruchów ~~drobinowych~~ <sup>drobinowych</sup> molekularnych.)

*Wyraża*

*Dyfuzywna  
ciężkość*

(Różnica występuje tylko w prawie, określającym wynik zdarzenia »elementarnego«. W powyższym przykładzie musi nastąpić określone przesunięcie  $+b$  albo  $-b$ , podczas gdy w owych przypadkach istnieje przy każdym zjawisku elementarnym (zderzenie

<sup>1)</sup> Por. Smoluchowski, O drodze średniej cząsteczek gazu i o związku z teorią dyfuzji. Rozpr. Akad. Krak. XLVI. str. 129, 1906 [ <sup>2</sup> <sup>3</sup> <sup>4</sup> <sup>5</sup> <sup>6</sup> <sup>7</sup> <sup>8</sup> <sup>9</sup> <sup>10</sup> <sup>11</sup> <sup>12</sup> <sup>13</sup> <sup>14</sup> <sup>15</sup> <sup>16</sup> <sup>17</sup> <sup>18</sup> <sup>19</sup> <sup>20</sup> <sup>21</sup> <sup>22</sup> <sup>23</sup> <sup>24</sup> <sup>25</sup> <sup>26</sup> <sup>27</sup> <sup>28</sup> <sup>29</sup> <sup>30</sup> <sup>31</sup> <sup>32</sup> <sup>33</sup> <sup>34</sup> <sup>35</sup> <sup>36</sup> <sup>37</sup> <sup>38</sup> <sup>39</sup> <sup>40</sup> <sup>41</sup> <sup>42</sup> <sup>43</sup> <sup>44</sup> <sup>45</sup> <sup>46</sup> <sup>47</sup> <sup>48</sup> <sup>49</sup> <sup>50</sup> <sup>51</sup> <sup>52</sup> <sup>53</sup> <sup>54</sup> <sup>55</sup> <sup>56</sup> <sup>57</sup> <sup>58</sup> <sup>59</sup> <sup>60</sup> <sup>61</sup> <sup>62</sup> <sup>63</sup> <sup>64</sup> <sup>65</sup> <sup>66</sup> <sup>67</sup> <sup>68</sup> <sup>69</sup> <sup>70</sup> <sup>71</sup> <sup>72</sup> <sup>73</sup> <sup>74</sup> <sup>75</sup> <sup>76</sup> <sup>77</sup> <sup>78</sup> <sup>79</sup> <sup>80</sup> <sup>81</sup> <sup>82</sup> <sup>83</sup> <sup>84</sup> <sup>85</sup> <sup>86</sup> <sup>87</sup> <sup>88</sup> <sup>89</sup> <sup>90</sup> <sup>91</sup> <sup>92</sup> <sup>93</sup> <sup>94</sup> <sup>95</sup> <sup>96</sup> <sup>97</sup> <sup>98</sup> <sup>99</sup> <sup>100</sup> <sup>101</sup> <sup>102</sup> <sup>103</sup> <sup>104</sup> <sup>105</sup> <sup>106</sup> <sup>107</sup> <sup>108</sup> <sup>109</sup> <sup>110</sup> <sup>111</sup> <sup>112</sup> <sup>113</sup> <sup>114</sup> <sup>115</sup> <sup>116</sup> <sup>117</sup> <sup>118</sup> <sup>119</sup> <sup>120</sup> <sup>121</sup> <sup>122</sup> <sup>123</sup> <sup>124</sup> <sup>125</sup> <sup>126</sup> <sup>127</sup> <sup>128</sup> <sup>129</sup> <sup>130</sup> <sup>131</sup> <sup>132</sup> <sup>133</sup> <sup>134</sup> <sup>135</sup> <sup>136</sup> <sup>137</sup> <sup>138</sup> <sup>139</sup> <sup>140</sup> <sup>141</sup> <sup>142</sup> <sup>143</sup> <sup>144</sup> <sup>145</sup> <sup>146</sup> <sup>147</sup> <sup>148</sup> <sup>149</sup> <sup>150</sup> <sup>151</sup> <sup>152</sup> <sup>153</sup> <sup>154</sup> <sup>155</sup> <sup>156</sup> <sup>157</sup> <sup>158</sup> <sup>159</sup> <sup>160</sup> <sup>161</sup> <sup>162</sup> <sup>163</sup> <sup>164</sup> <sup>165</sup> <sup>166</sup> <sup>167</sup> <sup>168</sup> <sup>169</sup> <sup>170</sup> <sup>171</sup> <sup>172</sup> <sup>173</sup> <sup>174</sup> <sup>175</sup> <sup>176</sup> <sup>177</sup> <sup>178</sup> <sup>179</sup> <sup>180</sup> <sup>181</sup> <sup>182</sup> <sup>183</sup> <sup>184</sup> <sup>185</sup> <sup>186</sup> <sup>187</sup> <sup>188</sup> <sup>189</sup> <sup>190</sup> <sup>191</sup> <sup>192</sup> <sup>193</sup> <sup>194</sup> <sup>195</sup> <sup>196</sup> <sup>197</sup> <sup>198</sup> <sup>199</sup> <sup>200</sup> <sup>201</sup> <sup>202</sup> <sup>203</sup> <sup>204</sup> <sup>205</sup> <sup>206</sup> <sup>207</sup> <sup>208</sup> <sup>209</sup> <sup>210</sup> <sup>211</sup> <sup>212</sup> <sup>213</sup> <sup>214</sup> <sup>215</sup> <sup>216</sup> <sup>217</sup> <sup>218</sup> <sup>219</sup> <sup>220</sup> <sup>221</sup> <sup>222</sup> <sup>223</sup> <sup>224</sup> <sup>225</sup> <sup>226</sup> <sup>227</sup> <sup>228</sup> <sup>229</sup> <sup>230</sup> <sup>231</sup> <sup>232</sup> <sup>233</sup> <sup>234</sup> <sup>235</sup> <sup>236</sup> <sup>237</sup> <sup>238</sup> <sup>239</sup> <sup>240</sup> <sup>241</sup> <sup>242</sup> <sup>243</sup> <sup>244</sup> <sup>245</sup> <sup>246</sup> <sup>247</sup> <sup>248</sup> <sup>249</sup> <sup>250</sup> <sup>251</sup> <sup>252</sup> <sup>253</sup> <sup>254</sup> <sup>255</sup> <sup>256</sup> <sup>257</sup> <sup>258</sup> <sup>259</sup> <sup>260</sup> <sup>261</sup> <sup>262</sup> <sup>263</sup> <sup>264</sup> <sup>265</sup> <sup>266</sup> <sup>267</sup> <sup>268</sup> <sup>269</sup> <sup>270</sup> <sup>271</sup> <sup>272</sup> <sup>273</sup> <sup>274</sup> <sup>275</sup> <sup>276</sup> <sup>277</sup> <sup>278</sup> <sup>279</sup> <sup>280</sup> <sup>281</sup> <sup>282</sup> <sup>283</sup> <sup>284</sup> <sup>285</sup> <sup>286</sup> <sup>287</sup> <sup>288</sup> <sup>289</sup> <sup>290</sup> <sup>291</sup> <sup>292</sup> <sup>293</sup> <sup>294</sup> <sup>295</sup> <sup>296</sup> <sup>297</sup> <sup>298</sup> <sup>299</sup> <sup>300</sup> <sup>301</sup> <sup>302</sup> <sup>303</sup> <sup>304</sup> <sup>305</sup> <sup>306</sup> <sup>307</sup> <sup>308</sup> <sup>309</sup> <sup>310</sup> <sup>311</sup> <sup>312</sup> <sup>313</sup> <sup>314</sup> <sup>315</sup> <sup>316</sup> <sup>317</sup> <sup>318</sup> <sup>319</sup> <sup>320</sup> <sup>321</sup> <sup>322</sup> <sup>323</sup> <sup>324</sup> <sup>325</sup> <sup>326</sup> <sup>327</sup> <sup>328</sup> <sup>329</sup> <sup>330</sup> <sup>331</sup> <sup>332</sup> <sup>333</sup> <sup>334</sup> <sup>335</sup> <sup>336</sup> <sup>337</sup> <sup>338</sup> <sup>339</sup> <sup>340</sup> <sup>341</sup> <sup>342</sup> <sup>343</sup> <sup>344</sup> <sup>345</sup> <sup>346</sup> <sup>347</sup> <sup>348</sup> <sup>349</sup> <sup>350</sup> <sup>351</sup> <sup>352</sup> <sup>353</sup> <sup>354</sup> <sup>355</sup> <sup>356</sup> <sup>357</sup> <sup>358</sup> <sup>359</sup> <sup>360</sup> <sup>361</sup> <sup>362</sup> <sup>363</sup> <sup>364</sup> <sup>365</sup> <sup>366</sup> <sup>367</sup> <sup>368</sup> <sup>369</sup> <sup>370</sup> <sup>371</sup> <sup>372</sup> <sup>373</sup> <sup>374</sup> <sup>375</sup> <sup>376</sup> <sup>377</sup> <sup>378</sup> <sup>379</sup> <sup>380</sup> <sup>381</sup> <sup>382</sup> <sup>383</sup> <sup>384</sup> <sup>385</sup> <sup>386</sup> <sup>387</sup> <sup>388</sup> <sup>389</sup> <sup>390</sup> <sup>391</sup> <sup>392</sup> <sup>393</sup> <sup>394</sup> <sup>395</sup> <sup>396</sup> <sup>397</sup> <sup>398</sup> <sup>399</sup> <sup>400</sup> <sup>401</sup> <sup>402</sup> <sup>403</sup> <sup>404</sup> <sup>405</sup> <sup>406</sup> <sup>407</sup> <sup>408</sup> <sup>409</sup> <sup>410</sup> <sup>411</sup> <sup>412</sup> <sup>413</sup> <sup>414</sup> <sup>415</sup> <sup>416</sup> <sup>417</sup> <sup>418</sup> <sup>419</sup> <sup>420</sup> <sup>421</sup> <sup>422</sup> <sup>423</sup> <sup>424</sup> <sup>425</sup> <sup>426</sup> <sup>427</sup> <sup>428</sup> <sup>429</sup> <sup>430</sup> <sup>431</sup> <sup>432</sup> <sup>433</sup> <sup>434</sup> <sup>435</sup> <sup>436</sup> <sup>437</sup> <sup>438</sup> <sup>439</sup> <sup>440</sup> <sup>441</sup> <sup>442</sup> <sup>443</sup> <sup>444</sup> <sup>445</sup> <sup>446</sup> <sup>447</sup> <sup>448</sup> <sup>449</sup> <sup>450</sup> <sup>451</sup> <sup>452</sup> <sup>453</sup> <sup>454</sup> <sup>455</sup> <sup>456</sup> <sup>457</sup> <sup>458</sup> <sup>459</sup> <sup>460</sup> <sup>461</sup> <sup>462</sup> <sup>463</sup> <sup>464</sup> <sup>465</sup> <sup>466</sup> <sup>467</sup> <sup>468</sup> <sup>469</sup> <sup>470</sup> <sup>471</sup> <sup>472</sup> <sup>473</sup> <sup>474</sup> <sup>475</sup> <sup>476</sup> <sup>477</sup> <sup>478</sup> <sup>479</sup> <sup>480</sup> <sup>481</sup> <sup>482</sup> <sup>483</sup> <sup>484</sup> <sup>485</sup> <sup>486</sup> <sup>487</sup> <sup>488</sup> <sup>489</sup> <sup>490</sup> <sup>491</sup> <sup>492</sup> <sup>493</sup> <sup>494</sup> <sup>495</sup> <sup>496</sup> <sup>497</sup> <sup>498</sup> <sup>499</sup> <sup>500</sup> <sup>501</sup> <sup>502</sup> <sup>503</sup> <sup>504</sup> <sup>505</sup> <sup>506</sup> <sup>507</sup> <sup>508</sup> <sup>509</sup> <sup>510</sup> <sup>511</sup> <sup>512</sup> <sup>513</sup> <sup>514</sup> <sup>515</sup> <sup>516</sup> <sup>517</sup> <sup>518</sup> <sup>519</sup> <sup>520</sup> <sup>521</sup> <sup>522</sup> <sup>523</sup> <sup>524</sup> <sup>525</sup> <sup>526</sup> <sup>527</sup> <sup>528</sup> <sup>529</sup> <sup>530</sup> <sup>531</sup> <sup>532</sup> <sup>533</sup> <sup>534</sup> <sup>535</sup> <sup>536</sup> <sup>537</sup> <sup>538</sup> <sup>539</sup> <sup>540</sup> <sup>541</sup> <sup>542</sup> <sup>543</sup> <sup>544</sup> <sup>545</sup> <sup>546</sup> <sup>547</sup> <sup>548</sup> <sup>549</sup> <sup>550</sup> <sup>551</sup> <sup>552</sup> <sup>553</sup> <sup>554</sup> <sup>555</sup> <sup>556</sup> <sup>557</sup> <sup>558</sup> <sup>559</sup> <sup>560</sup> <sup>561</sup> <sup>562</sup> <sup>563</sup> <sup>564</sup> <sup>565</sup> <sup>566</sup> <sup>567</sup> <sup>568</sup> <sup>569</sup> <sup>570</sup> <sup>571</sup> <sup>572</sup> <sup>573</sup> <sup>574</sup> <sup>575</sup> <sup>576</sup> <sup>577</sup> <sup>578</sup> <sup>579</sup> <sup>580</sup> <sup>581</sup> <sup>582</sup> <sup>583</sup> <sup>584</sup> <sup>585</sup> <sup>586</sup> <sup>587</sup> <sup>588</sup> <sup>589</sup> <sup>590</sup> <sup>591</sup> <sup>592</sup> <sup>593</sup> <sup>594</sup> <sup>595</sup> <sup>596</sup> <sup>597</sup> <sup>598</sup> <sup>599</sup> <sup>600</sup> <sup>601</sup> <sup>602</sup> <sup>603</sup> <sup>604</sup> <sup>605</sup> <sup>606</sup> <sup>607</sup> <sup>608</sup> <sup>609</sup> <sup>610</sup> <sup>611</sup> <sup>612</sup> <sup>613</sup> <sup>614</sup> <sup>615</sup> <sup>616</sup> <sup>617</sup> <sup>618</sup> <sup>619</sup> <sup>620</sup> <sup>621</sup> <sup>622</sup> <sup>623</sup> <sup>624</sup> <sup>625</sup> <sup>626</sup> <sup>627</sup> <sup>628</sup> <sup>629</sup> <sup>630</sup> <sup>631</sup> <sup>632</sup> <sup>633</sup> <sup>634</sup> <sup>635</sup> <sup>636</sup> <sup>637</sup> <sup>638</sup> <sup>639</sup> <sup>640</sup> <sup>641</sup> <sup>642</sup> <sup>643</sup> <sup>644</sup> <sup>645</sup> <sup>646</sup> <sup>647</sup> <sup>648</sup> <sup>649</sup> <sup>650</sup> <sup>651</sup> <sup>652</sup> <sup>653</sup> <sup>654</sup> <sup>655</sup> <sup>656</sup> <sup>657</sup> <sup>658</sup> <sup>659</sup> <sup>660</sup> <sup>661</sup> <sup>662</sup> <sup>663</sup> <sup>664</sup> <sup>665</sup> <sup>666</sup> <sup>667</sup> <sup>668</sup> <sup>669</sup> <sup>670</sup> <sup>671</sup> <sup>672</sup> <sup>673</sup> <sup>674</sup> <sup>675</sup> <sup>676</sup> <sup>677</sup> <sup>678</sup> <sup>679</sup> <sup>680</sup> <sup>681</sup> <sup>682</sup> <sup>683</sup> <sup>684</sup> <sup>685</sup> <sup>686</sup> <sup>687</sup> <sup>688</sup> <sup>689</sup> <sup>690</sup> <sup>691</sup> <sup>692</sup> <sup>693</sup> <sup>694</sup> <sup>695</sup> <sup>696</sup> <sup>697</sup> <sup>698</sup> <sup>699</sup> <sup>700</sup> <sup>701</sup> <sup>702</sup> <sup>703</sup> <sup>704</sup> <sup>705</sup> <sup>706</sup> <sup>707</sup> <sup>708</sup> <sup>709</sup> <sup>710</sup> <sup>711</sup> <sup>712</sup> <sup>713</sup> <sup>714</sup> <sup>715</sup> <sup>716</sup> <sup>717</sup> <sup>718</sup> <sup>719</sup> <sup>720</sup> <sup>721</sup> <sup>722</sup> <sup>723</sup> <sup>724</sup> <sup>725</sup> <sup>726</sup> <sup>727</sup> <sup>728</sup> <sup>729</sup> <sup>730</sup> <sup>731</sup> <sup>732</sup> <sup>733</sup> <sup>734</sup> <sup>735</sup> <sup>736</sup> <sup>737</sup> <sup>738</sup> <sup>739</sup> <sup>740</sup> <sup>741</sup> <sup>742</sup> <sup>743</sup> <sup>744</sup> <sup>745</sup> <sup>746</sup> <sup>747</sup> <sup>748</sup> <sup>749</sup> <sup>750</sup> <sup>751</sup> <sup>752</sup> <sup>753</sup> <sup>754</sup> <sup>755</sup> <sup>756</sup> <sup>757</sup> <sup>758</sup> <sup>759</sup> <sup>760</sup> <sup>761</sup> <sup>762</sup> <sup>763</sup> <sup>764</sup> <sup>765</sup> <sup>766</sup> <sup>767</sup> <sup>768</sup> <sup>769</sup> <sup>770</sup> <sup>771</sup> <sup>772</sup> <sup>773</sup> <sup>774</sup> <sup>775</sup> <sup>776</sup> <sup>777</sup> <sup>778</sup> <sup>779</sup> <sup>780</sup> <sup>781</sup> <sup>782</sup> <sup>783</sup> <sup>784</sup> <sup>785</sup> <sup>786</sup> <sup>787</sup> <sup>788</sup> <sup>789</sup> <sup>790</sup> <sup>791</sup> <sup>792</sup> <sup>793</sup> <sup>794</sup> <sup>795</sup> <sup>796</sup> <sup>797</sup> <sup>798</sup> <sup>799</sup> <sup>800</sup> <sup>801</sup> <sup>802</sup> <sup>803</sup> <sup>804</sup> <sup>805</sup> <sup>806</sup> <sup>807</sup> <sup>808</sup> <sup>809</sup> <sup>810</sup> <sup>811</sup> <sup>812</sup> <sup>813</sup> <sup>814</sup> <sup>815</sup> <sup>816</sup> <sup>817</sup> <sup>818</sup> <sup>819</sup> <sup>820</sup> <sup>821</sup> <sup>822</sup> <sup>823</sup> <sup>824</sup> <sup>825</sup> <sup>826</sup> <sup>827</sup> <sup>828</sup> <sup>829</sup> <sup>830</sup> <sup>831</sup> <sup>832</sup> <sup>833</sup> <sup>834</sup> <sup>835</sup> <sup>836</sup> <sup>837</sup> <sup>838</sup> <sup>839</sup> <sup>840</sup> <sup>841</sup> <sup>842</sup> <sup>843</sup> <sup>844</sup> <sup>845</sup> <sup>846</sup> <sup>847</sup> <sup>848</sup> <sup>849</sup> <sup>850</sup> <sup>851</sup> <sup>852</sup> <sup>853</sup> <sup>854</sup> <sup>855</sup> <sup>856</sup> <sup>857</sup> <sup>858</sup> <sup>859</sup> <sup>860</sup> <sup>861</sup> <sup>862</sup> <sup>863</sup> <sup>864</sup> <sup>865</sup> <sup>866</sup> <sup>867</sup> <sup>868</sup> <sup>869</sup> <sup>870</sup> <sup>871</sup> <sup>872</sup> <sup>873</sup> <sup>874</sup> <sup>875</sup> <sup>876</sup> <sup>877</sup> <sup>878</sup> <sup>879</sup> <sup>880</sup> <sup>881</sup> <sup>882</sup> <sup>883</sup> <sup>884</sup> <sup>885</sup> <sup>886</sup> <sup>887</sup> <sup>888</sup> <sup>889</sup> <sup>890</sup> <sup>891</sup> <sup>892</sup> <sup>893</sup> <sup>894</sup> <sup>895</sup> <sup>896</sup> <sup>897</sup> <sup>898</sup> <sup>899</sup> <sup>900</sup> <sup>901</sup> <sup>902</sup> <sup>903</sup> <sup>904</sup> <sup>905</sup> <sup>906</sup> <sup>907</sup> <sup>908</sup> <sup>909</sup> <sup>910</sup> <sup>911</sup> <sup>912</sup> <sup>913</sup> <sup>914</sup> <sup>915</sup> <sup>916</sup> <sup>917</sup> <sup>918</sup> <sup>919</sup> <sup>920</sup> <sup>921</sup> <sup>922</sup> <sup>923</sup> <sup>924</sup> <sup>925</sup> <sup>926</sup> <sup>927</sup> <sup>928</sup> <sup>929</sup> <sup>930</sup> <sup>931</sup> <sup>932</sup> <sup>933</sup> <sup>934</sup> <sup>935</sup> <sup>936</sup> <sup>937</sup> <sup>938</sup> <sup>939</sup> <sup>940</sup> <sup>941</sup> <sup>942</sup> <sup>943</sup> <sup>944</sup> <sup>945</sup> <sup>946</sup> <sup>947</sup> <sup>948</sup> <sup>949</sup> <sup>950</sup> <sup>951</sup> <sup>952</sup> <sup>953</sup> <sup>954</sup> <sup>955</sup> <sup>956</sup> <sup>957</sup> <sup>958</sup> <sup>959</sup> <sup>960</sup> <sup>961</sup> <sup>962</sup> <sup>963</sup> <sup>964</sup> <sup>965</sup> <sup>966</sup> <sup>967</sup> <sup>968</sup> <sup>969</sup> <sup>970</sup> <sup>971</sup> <sup>972</sup> <sup>973</sup> <sup>974</sup> <sup>975</sup> <sup>976</sup> <sup>977</sup> <sup>978</sup> <sup>979</sup> <sup>980</sup> <sup>981</sup> <sup>982</sup> <sup>983</sup> <sup>984</sup> <sup>985</sup> <sup>986</sup> <sup>987</sup> <sup>988</sup> <sup>989</sup> <sup>990</sup> <sup>991</sup> <sup>992</sup> <sup>993</sup> <sup>994</sup> <sup>995</sup> <sup>996</sup> <sup>997</sup> <sup>998</sup> <sup>999</sup> <sup>1000</sup> <sup>1001</sup> <sup>1002</sup> <sup>1003</sup> <sup>1004</sup> <sup>1005</sup> <sup>1006</sup> <sup>1007</sup> <sup>1008</sup> <sup>1009</sup> <sup>1010</sup> <sup>1011</sup> <sup>1012</sup> <sup>1013</sup> <sup>1014</sup> <sup>1015</sup> <sup>1016</sup> <sup>1017</sup> <sup>1018</sup> <sup>1019</sup> <sup>1020</sup> <sup>1021</sup> <sup>1022</sup> <sup>1023</sup> <sup>1024</sup> <sup>1025</sup> <sup>1026</sup> <sup>1027</sup> <sup>1028</sup> <sup>1029</sup> <sup>1030</sup> <sup>1031</sup> <sup>1032</sup> <sup>1033</sup> <sup>1034</sup> <sup>1035</sup> <sup>1036</sup> <sup>1037</sup> <sup>1038</sup> <sup>1039</sup> <sup>1040</sup> <sup>1041</sup> <sup>1042</sup> <sup>1043</sup> <sup>1044</sup> <sup>1045</sup> <sup>1046</sup> <sup>1047</sup> <sup>1048</sup> <sup>1049</sup> <sup>1050</sup> <sup>1051</sup> <sup>1052</sup> <sup>1053</sup> <sup>1054</sup> <sup>1055</sup> <sup>1056</sup> <sup>1057</sup> <sup>1058</sup> <sup>1059</sup> <sup>1060</sup> <sup>1061</sup> <sup>1062</sup> <sup>1063</sup> <sup>1064</sup> <sup>1065</sup> <sup>1066</sup> <sup>1067</sup> <sup>1068</sup> <sup>1069</sup> <sup>1070</sup> <sup>1071</sup> <sup>1072</sup> <sup>1073</sup> <sup>1074</sup> <sup>1075</sup> <sup>1076</sup> <sup>1077</sup> <sup>1078</sup> <sup>1079</sup> <sup>1080</sup> <sup>1081</sup> <sup>1082</sup> <sup>1083</sup> <sup>1084</sup> <sup>1085</sup> <sup>1086</sup> <sup>1087</sup> <sup>1088</sup> <sup>1089</sup> <sup>1090</sup> <sup>1091</sup> <sup>1092</sup> <sup>1093</sup> <sup>1094</sup> <sup>1095</sup> <sup>1096</sup> <sup>1097</sup> <sup>1098</sup> <sup>1099</sup> <sup>1100</sup> <sup>1101</sup> <sup>1102</sup> <sup>1103</sup> <sup>1104</sup> <sup>1105</sup> <sup>1106</sup> <sup>1107</sup> <sup>1108</sup> <sup>1109</sup> <sup>1110</sup> <sup>1111</sup> <sup>1112</sup> <sup>1113</sup> <sup>1114</sup> <sup>1115</sup> <sup>1116</sup> <sup>1117</sup> <sup>1118</sup> <sup>1119</sup> <sup>1120</sup> <sup>1121</sup> <sup>1122</sup> <sup>1123</sup> <sup>1124</sup> <sup>1125</sup> <sup>1126</sup> <sup>1127</sup> <sup>1128</sup> <sup>1129</sup> <sup>1130</sup> <sup>1131</sup> <sup>1132</sup> <sup>1133</sup> <sup>1134</sup> <sup>1135</sup> <sup>1136</sup> <sup>1137</sup> <sup>1138</sup> <sup>1139</sup> <sup>1140</sup> <sup>1141</sup> <sup>1142</sup> <sup>1143</sup> <sup>1144</sup> <sup>1145</sup> <sup>1146</sup> <sup>1147</sup> <sup>1148</sup> <sup>1149</sup> <sup>1150</sup> <sup>1151</sup> <sup>1152</sup> <sup>1153</sup> <sup>1154</sup> <sup>1155</sup> <sup>1156</sup> <sup>1157</sup> <sup>1158</sup> <sup>1159</sup> <sup>1160</sup> <sup>1161</sup> <sup>1162</sup> <sup>1163</sup> <sup>1164</sup> <sup>1165</sup> <sup>1166</sup> <sup>1167</sup> <sup>1168</sup> <sup>1169</sup> <sup>1170</sup> <sup>1171</sup> <sup>1172</sup> <sup>1173</sup> <sup>1174</sup> <sup>1175</sup> <sup>1176</sup> <sup>1177</sup> <sup>1178</sup> <sup>1179</sup> <sup>1180</sup> <sup>1181</sup> <sup>1182</sup> <sup>1183</sup> <sup>1184</sup> <sup>1185</sup> <sup>1186</sup> <sup>1187</sup> <sup>1188</sup> <sup>1189</sup> <sup>1190</sup> <sup>1191</sup> <sup>1192</sup> <sup>1193</sup> <sup>1194</sup> <sup>1195</sup> <sup>1196</sup> <sup>1197</sup> <sup>1198</sup> <sup>1199</sup> <sup>1200</sup> <sup>1201</sup> <sup>1202</sup> <sup>1203</sup> <sup>1204</sup> <sup>1205</sup> <sup>1206</sup> <sup>1207</sup> <sup>1208</</sup>



z inną ~~drobiną~~ /i t. d.) możliwość, że ~~drobina~~ /osiągnie większe lub mniejsze przesunięcie w kierunku  $x$ . Można udowodnić, że w razie dostatecznie długiego trwania zjawiska wynikiem będzie zawsze częściowa dyfuzja, jeżeli tylko funkcja, określająca prawdopodobieństwo przesunięć ~~przy~~ <sup>w</sup>pojedynczym zjawisku elementarnym, jest funkcją parzystą, dającą się rozwinąć <sup>24</sup>szereg Mac Laurina:

$$f(x) = a + b x^2 + c x^4 + \dots$$

← Ten sam zresztą przyrząd jest równocześnie modelem przewodnictwa cieplnego, w razie rozkładu temperatury wyłącznie zależnego od  $x$ , gdyż zasadnicze równanie przewodnictwa cieplnego jest identyczne z równaniem dyfuzji.

Przy ~~możemy~~ <sup>musimy</sup> dotychczas, że deska Galtona jest nieograniczona w kierunku  $x$ . Jeżeli ~~nie posiada~~ <sup>ma</sup> ona ściany boczne, ~~zmuszające~~ kuleczki do pozostawania w obrębie odciętych od  $-l$  do  $+l$ , wówczas przyrząd ten przedstawia obraz dyfuzji w naczyniu zamkniętym. ~~Wówczas~~ <sup>Wówczas</sup>, w razie dostatecznie długiego czasu (t. j. dostatecznie dużej liczby rzędów sztyfcików), wystąpi zupełne wyrównanie prawdopodobieństwa ~~z~~ <sup>z</sup> pobytu kulki w jakiej ~~kolwiek~~ <sup>kolwiek</sup> bądź odciętej, ~~czyli~~ <sup>czyli</sup> zupełne ~~zmieszanie~~ <sup>zmieszanie</sup> kulek początkowo rozdzielonych.

Przyrząd Galtona można by jeszcze zmienić, tak, żeby mógł posłużyć do ilustracji różnych innych zjawisk fizycznych. Układając np. sztyfciki symetrycznie i nadając desce odpowiednie nachylenie boczne, tak żeby kuleczki stosunkowo większych ~~przesuwały~~ <sup>przesuwały</sup> przesunąć w kierunku dodatnim niż ujemnym, i umieszczając równocześnie listwę pionową boczną, dla powstrzymania kuleczek od przekroczenia pewnej odciętej  $x$ , otrzymałoby się rozkład analogiczny do rozkładu gęstości atmosfery ziemskiej, lub do rozkładu cząstek gumiguty, w bliskości dna naczynia, jaki (się ustala) pod wpływem ciężkości.

Zresztą przykłady te ~~są~~ <sup>są</sup> pod pewnym względem <sup>29/</sup>najprostszymi <sup>e</sup>możliwymi, gdyż prawdopodobieństwo wyniku każdego zjawiska elementarnego jest ~~niezależne~~ <sup>to samo</sup>, niezależnie od odległości  $x$ , już osiągniętej przez kuleczkę. Istnieją inne przykłady w fizyce, gdzie sprawa jest ~~nieco~~ <sup>bardziej</sup> skomplikowana. Tak np. ~~drobina~~ <sup>drobina</sup>, posiadająca pewną prędkość postępową  $\xi$  w kierunku osi  $X$ , doznaje przypadkowej zmiany tej prędkości przy spotkaniu z inną ~~drobiną~~ <sup>drobiną</sup>. Na ~~ogół~~ <sup>ogół</sup> jednak prawdopodobieństwo przyrostu prędkości  $\xi$  jest mniejsze, niż prawdopodobieństwo zmniejszenia się; ~~różnica~~ <sup>różnica</sup> jest tem wybitniej-

im  
sza, ~~zatem~~ większa jest wartość  $\xi$ . Skutek wielokrotnych ~~zderzeń~~ <sup>spotkań</sup> jest w tym przypadku analogiczny do wzoru, omawianego w rozdziale VII, gdyż ważną będzie w tym razie słynne prawo rozkładu prędkości ~~drobinowych~~ Maxwella, identyczne w ogólnym swym kształcie z prawem Gaussa; różnica ~~nie~~ polega na tem, że parametr krzywej ~~dzwonowatej~~ nie wzrasta w miarę czasu, jak w owym przykładzie, ~~leki~~ <sup>ciężka</sup> pozostaje niezmienny (w związku z temperaturą gazu).

X. Starajmy się streścić w formie nieco ściślejszej myśli zadnicze, występujące w omawianych przykładach specjalnych.

(Pytanie, przytoczone w rozdz. I: jak przyczyny, przypadkowo działające, mogą dać określony, prawidłowy wynik, wyjaśnia się samo przez się. ~~Wszak~~ <sup>Wszak</sup> ~~rozumiałem~~ <sup>rozumiałem</sup> ~~jedną~~ <sup>jedną</sup> ze wszystkiego, co mówiliśmy, że ~~ten~~ <sup>ten</sup> „przypadek” w fizyce nie rozumiemy w znaczeniu potocznym, w które jest równoważne z nieobliczalnym i zupełnie dowolnym kaprysem, ~~w~~ <sup>nie</sup> ~~tylko~~ <sup>nie</sup> ~~jako~~ <sup>jako</sup> pewnego rodzaju prawidłowość, która się sprawdzić daje doświadczalnie, że stosunkowo coraz większą dokładnością, w miarę wielokrotnego powtarzania zjawiska.

(Prawidłowość tę, z którą w fizyce łączymy nazwę „przypadku”, możemy innej więcej w następujący sposób określić. Powiadamy, że zjawisko  $y$ , powstające wskutek przyczyny  $x$ , jest przypadkowe, jeżeli kształt funkcji, określającej prawdopodobieństwo różnych wartości  $y$ , nie zależy od kształtu funkcji, która określa prawdopodobieństwo rozmaitych wartości  $x$ . Wówczas bowiem rozkład przyczynowy nie wpływa na rozkład skutków i wydaje się, jak gdyby to były zjawiska niezależne.

Warunek dostateczny dla przybliżonej przypadkowości skutków alternatywnych  $y_1, y_2$  jest następujący. Rozważmy obręb, w którym różne wartości zmiennej  $x$  występują z prawdopodobieństwem stosunkowo niewiele różnym. Jeżeli w tym obrębie funkcja, wyrażająca związek przyczynowy  $x$  skutku  $y$ , (taki posiada charakter, że wielkiej liczbie przedziałów  $x \dots x + \Delta x_1; x + \Delta x_2 \dots x + \Delta x_3; x + \Delta x_4 \dots x + \Delta x_5 \dots$  i t. d. odpowiada skutek  $y_1$ , natomiast na przemian położonym przedziałom  $x + \Delta x_1 \dots x + \Delta x_2; x + \Delta x_3 \dots x + \Delta x_4; \dots$  i t. d. odpowiada skutek  $y_2$ , wówczas występowanie skutków  $y_1, y_2$  można uważać za przybliżenie przypadkowe. Ściśle przypadkowe będą one wówczas, jeżeli wszystkie ~~one~~ przedziały  $\Delta x$  są nieskończenie małe, a liczba ich nieskończenie wielka. Stosunek prawdopodobieństw zjawisk  $y_1, y_2$  ~~wówczas~~ jest ozna-

↑ wpływ  
H lecz

H wyrazu

≡ lecz raczej jako

↑ oraz

LL a cap

LL a cap

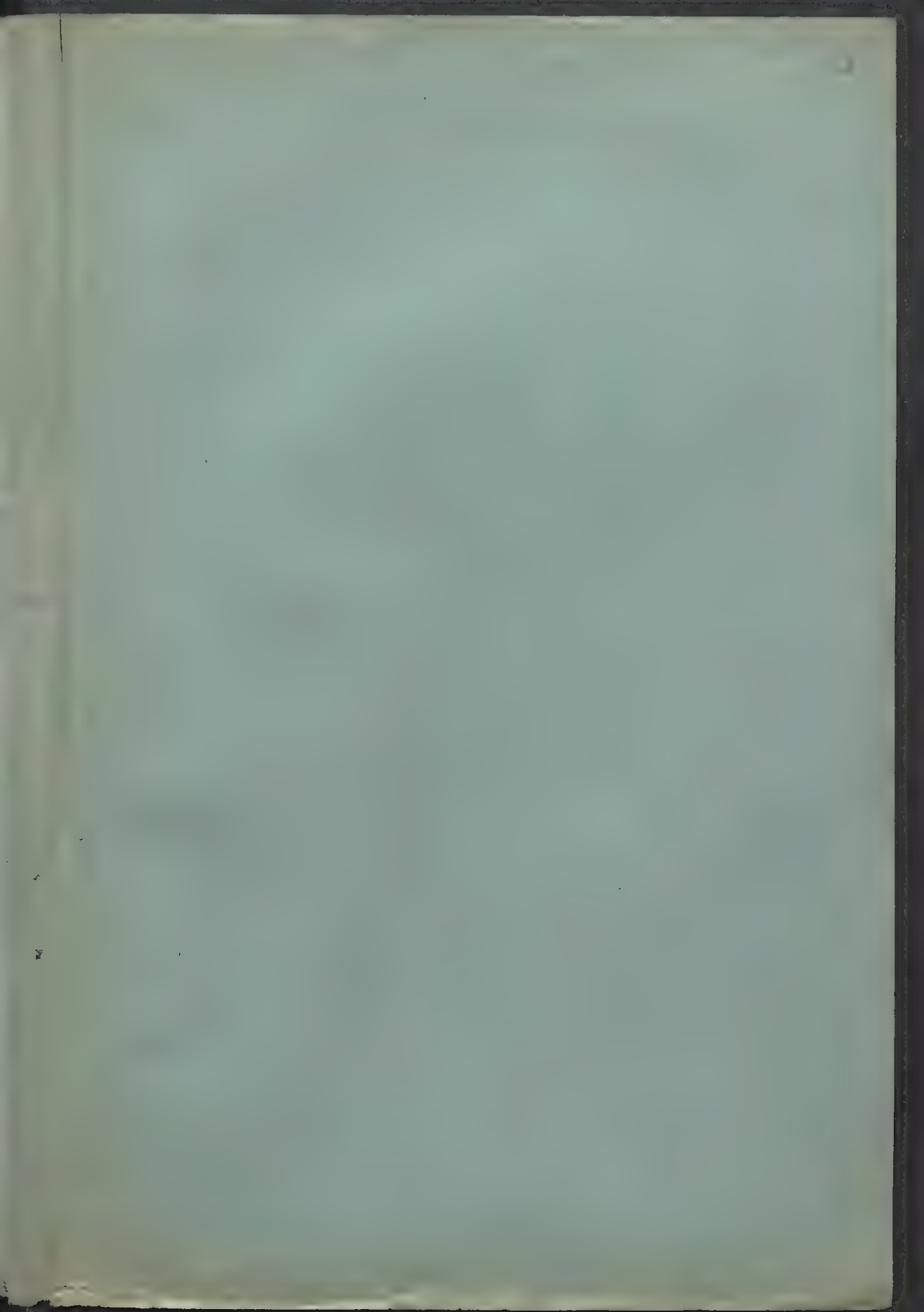
*wstawa*  
czony ~~przez~~ stosunek sumy przedziałów parzystych do sumy przedziałów nieparzystych.

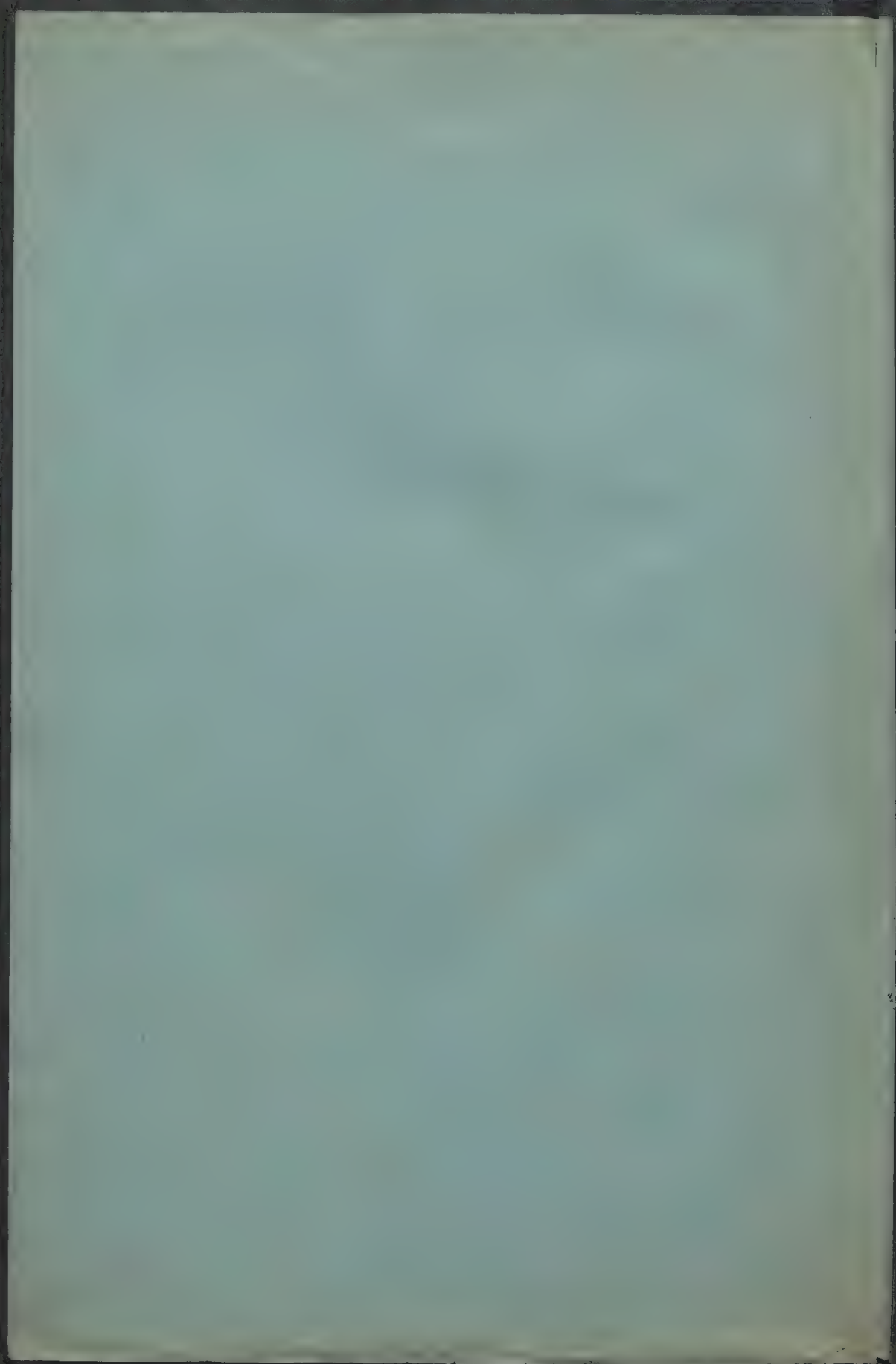
W zjawiskach, do których stosujemy w praktyce rachunek prawdopodobieństwa, występuje przypadek - zazwyczaj tylko w owym znaczeniu »przybliżonem«. Ze rachunek prawdopodobieństwa tak dobrze ~~(się zgadza)~~ z doświadczeniem przy różnych grach hazardowych i t. p., polega tylko na tem, że tam - jako właściwy, pierwotny czynnik występuje człowiek, który jest maszyną, posiadającą nadzwyczajnie wielki »obręb przypadkowej zmienności«.

*spotkanie*  
*molekularny*  
*założenie*  
Z punktu widzenia fizyki najciekawsze przykłady, należące do zakresu kinetycznej teorii materji, przedstawiają niestety nieprzezwyciężone dotychczas trudności dla zastosowania takich kryteriów przypadkowości. Czujemy intuicyjnie, że ~~Maxwella~~ Boltzmann'a metoda obliczania skutków ~~zdarzeń~~ *drobinowych*, opierająca się na ~~przyjęciu~~ *złożeniu* zupełnej przypadkowości zjawisk składowych, jest bardzo przybliżenie ważna. Mechanika statystyczna daje ~~nam~~ jednak poważne powody do przypuszczenia, że metoda ta nie ~~jest~~ *jest* zupełnie ścisła; niestety nie potrafimy obecnie jeszcze należycie ocenić ~~wielkości~~ *wielkości* błędów, wywołanych przez ~~przyjęcie~~ *przyjęcie* owego założenia Boltzmann'a.

*założenie*  
<sup>1</sup> ~~Przyjęcie~~ to wyraża się matematycznie w formie t. zw. Stoszahl-Ansatz. Por. P. u. T. Ehrenfest, Begriffliche Grundlagen der statistischen Auffassung in der Mechanik, Enzyklopädie der mathemat. Wissenschaften, IV. 2 II. Heft 6, Teubner, Leipzig 1912.









Nicht im Handel.

No 7

---

Sonderabdruck

aus

# Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft,  
der Medizin und der Technik

Herausgegeben von

**Dr. Arnold Berliner** und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W9.

---

## Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“  
Berlin W9, Link-Str. 23/24.

erscheinen in wöchentlichen Heften und sind durch den Buchhandel, die Post oder von der Verlagshandlung zum Preise von M. 6.— für das Vierteljahr zu beziehen. Preis des einzelnen Heftes 60 Pf.

Verlagsbuchhandlung von Julius Springer  
in Berlin W9, Link-Str. 23/24.



---

Verlag von Julius Springer in Berlin W9.

**Allgemeine Physiologie.** Eine systematische Darstellung der Grundlagen sowie der allgemeinen Ergebnisse und Probleme der Lehre vom tierischen und pflanzlichen Leben. Von **A. von Tschermak**. In zwei Bänden. Erster Band: Grundlagen der allgemeinen Physiologie. Erster Teil: Allgemeine Charakteristik des Lebens physikalische und chemische Beschaffenheit der lebenden Substanz. Mit 12 Textabbildungen. 1916.

Preis M. 10,—.

**Allgemeine und spezielle Physiologie des Menschenwachstums.** Für Anthropologen, Physiologen, Anatomen und Ärzte dargestellt von Privatdozent Dr. **Hans Friedenthal**, Nikolassees. Mit 3 Tafeln und 34 Textabbildungen. 1914.

Preis M. 8,—.

**Handbuch für biologische Übungen.** Von Professor Dr. **Paul Röseler**, Direktor der Luisenschule zu Berlin, und **Hans Lamprecht**, Oberlehrer an der Friedrichs-Werderschen Oberrealschule zu Berlin. Zoologischer Teil. Mit 467 Textfiguren. 1914.

Preis M. 27,—; gebunden M. 28,60.

**Das Leben.** Sein Wesen, sein Ursprung und seine Erhaltung. Von Professor **E. A. Schäfer**. Autorisierte Übersetzung von **Charlotte Fleischmann**. 1913.

Preis M. 2,40.

**Energie, Leben und Tod.** Vortrag, gehalten in Wien in der „Wiener Urania“ am 7. Februar 1914. Von **Franz Tangl**, o. ö. Professor an der Universität Budapest. 1914.

Preis M. 1,60.

**Über Rassenhygiene.** Von Dr. **Kurt Goldstein**, Universitätsprofessor in Königsberg i. Pr. 1913.

Preis M. 2,80.

**Konstitution und Vererbung in ihren Beziehungen zur Pathologie.** Von Professor Dr. **Friedrich Martius**, Geheimer Medizinalrat Direktor der Medizinischen Klinik an der Universität Rostock. Mit 13 Textabbildungen. 1914.

Preis M. 12,—; gebunden M. 14,50.

**Instinkt und Erfahrung.** Von Professor **C. Morgan**. Autorisierte Übersetzung von Dr. **R. Thesing**. 1913.

Preis M. 6,—; gebunden M. 6,80.

**Ueber funktionelle Anpassung, ihre Grenzen, ihre Gesetze in ihrer Bedeutung für die Heilkunde.** Von Dr. med. **Willi G. Lange**, Charlottenburg. Nach dem Tode des im Felde gefallenen Verfassers herausgegeben von **Wilhelm Roux**. 1917.

Preis M. 2,40.

---

Teuerungszuschlag auf geheftete Bücher 20<sup>0</sup>/<sub>10</sub>, auf gebundene Bücher 30<sup>0</sup>/<sub>10</sub>.

---

65  
~~Sonderabdruck von~~  
DIE NATURWISSENSCHAFTEN.

J. 1918. Heft ~~IV~~ XVII.

~~Verlag von Julius Springer in Berlin~~

2 wyśc prmo  
lektowe

VII ~~XIV~~. Über den Begriff des Zufalls  
und den Ursprung der Wahrscheinlich-  
keitsgesetze in der Physik.

Von Prof. M. v. Smoluchowski f. Krakau

I.

Die Wahrscheinlichkeitsrechnung, welche seit Beginn ihrer Entwicklung mit größtem Erfolg hauptsächlich in dem sonst der mathematischen Behandlung wenig zugänglichen Bereich sozialer und biologischer Vorgänge angewendet wurde, hat sich in den letzten Zeiten ein überaus wichtiges Anwendungsgebiet erobert: die Physik. Und zwar ist damit nicht etwa die seit Gauß Zeiten als eigene Hilfsdisziplin ausgebildete Theorie der Fehlerausgleichung bei physikalischen Messungen gemeint, sondern gerade das eigentliche Gerüst dieser Wissenschaft, das System der theoretischen Physik.

Zum ersten Male in den Jahren 1857—1860 von Clausius und Maxwell als eigenartiges mathematisches Hilfsmittel in die kinetische Gastheorie eingeführt, hat die Wahrscheinlichkeitsrechnung, nach einer vorübergehenden Periode der Stagnation, infolge des schließlichen Sieges der atomistischen Anschauungsweise eine für die Physik ganz grundlegende Bedeutung gewonnen und bildet heute das wichtigste Werkzeug bei Forschungen auf dem Gebiete der modernen Theorien der Materie, der Elektronik, Radioaktivität und Strahlungstheorie. Entspricht doch ihr Wesen durchaus der heute zur Herrschaft gelang-

Nazwiska  
tak samo  
anbykwa  
Spacyowa

ten Tendenz, sämtliche Gesetze der Physik<sup>1)</sup> — nach dem Vorbild der kinetischen Gastheorie — auf Statistik verborgener Elementarereignisse zurückzuführen, wobei die „Einfachheit“ derselben als sekundäre Folge des Wahrscheinlichkeitsgesetzes der großen Zahlen<sup>2)</sup> aufgefaßt wird.

Trotz dieser enormen Ausdehnung des Anwendungsbereiches der Wahrscheinlichkeitsrechnung hat die exakte Analyse der ihr zugrunde liegenden Begriffe nur geringe Fortschritte gemacht; es gilt wohl noch heute der Satz, daß keine zweite mathematische Disziplin auf so unklaren und schwankenden Grundlagen aufgebaut ist. So werden die Grundfragen nach der Subjektivität oder Objektivität des Wahrscheinlichkeitsbegriffes, nach der Definition der Zufälligkeit usw. von verschiedenen Autoren in diametral entgegengesetzter Weise beantwortet. Insbesondere ist auch eine allgemeine und mathematisch exakte Präzisierung der für die Anwendbarkeit dieser Rechnungsmethode charakteristischen Bedingungen noch immer ausständig, und man pflegt sich in dieser Hinsicht meist auf ein intuitives Wahrscheinlichkeitsgefühl zu verlassen.

Als kleiner Beitrag zu derartigen Untersuchungen mögen die nachfolgenden Bemerkungen aufgefaßt sein, welche von der Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung in der Physik ausgehen, in der gewisse grundsätzliche Schwierigkeiten in besonders krasser Form auftreten. Ich will eingestehen, daß gerade das Unbefriedigende der diesbezüglichen Ausführungen in gewissen, sonst höchst beachtenswerten neueren Werken die Entstehung dieser Studie veranlaßt hat. Im übrigen bezweckt dieselbe selbstverständlich keineswegs eine allseitige und endgültige

<sup>1)</sup> Von dieser Tendenz sind bisher nur die Lorentz'schen Gleichungen der Elektronentheorie, das Energiegesetz und Relativitätsprinzip unberührt geblieben, aber es ist wohl möglich, daß im Laufe der Zeit auch hier exakte Gesetzesformen durch statistische Regelmäßigkeit ersetzt werden dürften.

— h. d. d.  
— 7. 11. 1917  
Zusatz  
Analyse



Aufklärung des ganzen damit zusammenhängenden Komplexes philosophischer Fragen, sondern will nur eine Anregung zu weiteren Untersuchungen in einer bestimmten Richtung geben, indem einige Leitgedanken hervorgehoben werden, welche die bisher allzusehr vernachlässigte objektive Seite des Wahrscheinlichkeitsbegriffes ins rechte Licht setzen sollen.

## II.

Die Frage, welche Ereignisse in den Geltungsbereich der Wahrscheinlichkeitsrechnung fallen, wird wohl allgemein dahin beantwortet: diejenigen, deren Eintritt vom Zufall abhängt. Die Untersuchung dieses letzteren Begriffes ist also jedenfalls das Primäre, und wir werden uns vor allem klar zu machen suchen, wodurch das Wesen des Zufalls gekennzeichnet ist. Damit hängen zwei vielumstrittene Probleme zusammen, deren Schwierigkeit angesichts der exakten mathematischen Spekulationen der theoretischen Physik sich besonders fühlbar macht, nämlich:

1. Wie ist es möglich, daß sich der Effekt des Zufalls berechnen lasse, daß also zufällige Ursachen gesetzmäßige Wirkungen haben?
2. Wie kann der Zufall entstehen, wenn alles Geschehen nur auf regelmäßige Naturgesetze zurückzuführen ist? oder mit anderen Worten: Wie können gesetzmäßige Ursachen eine zufällige Wirkung haben?

Betrachtet man in populärer Weise den Zufall als die Negation des Gesetzmäßigen, so sind diese Widersprüche gewiß vollständig unüberbrückbar. Ein solcher Zufallsbegriff ist jedoch mit dem in der heutigen Wissenschaft herrschenden Determinismus unvereinbar. Meist pflegt man sich also die Sache durch die Annahme zu erklären, daß zwar zwischen der betreffenden Ursache und Wirkung ein gesetzmäßiger, kausaler Zusammenhang besteht, daß aber die Art des Zusammenhanges für uns wegen der Komplikation

der Erscheinung nicht erkennbar ist, wodurch der Schein der Gesetzlosigkeit entsteht. In diesem Sinne wäre der Zufall als eine uns „*unbekannte Teilursache*“ zu bezeichnen. Damit dürfte wohl auch *Meinongs*<sup>1)</sup> Auffassungsweise näher verwandt sein, als es den Anschein hat, welcher zufolge Zufälligkeit die „Tatsächlichkeit“ von etwas „Nichtnotwendigem“ bedeuten würde; dabei soll nämlich die negierte Notwendigkeit entweder eine innere oder äußere (relativ zu einem gewissen Komplex von Objekten) sein. Wenn man nun vom deterministischen Standpunkt aus Ursache und Wirkung als stets durch die inneren Notwendigkeitsbeziehungen der Teilereignisse verkettet ansieht, kann von Nichtnotwendigkeit nur in relativem Sinne die Rede sein: insofern die Notwendigkeit äußerlich nicht erkennbar ist, also insofern ein Teil der wirkenden Ursachen unbestimmt ist.)

(Diese herkömmliche Darstellungsweise, welche das Wesen des Zufalls auf unsere Unkenntnis der wirkenden Gesetze oder Ursachen zurückführt, könnte man allenfalls noch als Beantwortung der zweiten der oben angeführten Fragen gelten lassen, aber es bleibt die erste Frage ungelöst, wieso eine Berechnung der Wirkung unerkennbarer Teilursachen möglich ist.)

(Die mannigfaltigen philosophischen Analysen des Wahrscheinlichkeitsbegriffes geben hierüber keinen Aufschluß. Überhaupt handelt es sich dem Philosophen dabei meist um etwas ganz anderes als dem Physiker. Er richtet seine Aufmerksamkeit vor allem auf die subjektiven, psychologischen Momente des Wahrscheinlichkeitsgedankens, analysiert die erkenntnistheoretische Bedeutung desselben, untersucht, in welcher Weise sich wahrscheinliche Aussagen, neben wahren und falschen Aussagen, in das System der formalen Logik einordnen lassen, pflegt aber

<sup>1)</sup> A. Meinong, Über Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit, Leipzig 1915.

die Frage nach der Art der denselben zugrunde liegenden objektiven Tatsachen nicht näher zu berühren.

Im Gegensatz hierzu interessiert sich die exakte Naturwissenschaft nicht für Aussagen und nicht für subjektive — berechnete oder unberechnete — Vermutungen<sup>1)</sup>, sondern für die objektive oder „mathematische“ Wahrscheinlichkeit, d. i. für die relative Häufigkeit des Eintretens bestimmter zufälliger Ereignisse. Sie gebraucht also den — wie *Meinong* treffend bemerkt — so vieldeutigen Begriff der Wahrscheinlichkeit in einem sehr eingeschränkten Sinne, welchem jener Autor und andere Philosophen allerdings lieber die Bezeichnung Möglichkeitsgrad beilegen dürften, welcher aber eben erst in diesem engeren Sinne einer exakt mathematischen Behandlung zugänglich wird. Es verhält sich damit ähnlich wie mit vielen anderen Ausdrücken, wie z. B. Kraft, Arbeit, Energie, Wärme, welche der Physiker in wesentlich anderem Sinne versteht, als dies im gewöhnlichen Leben üblich ist.

Offenbar sind also, soweit die Anwendung in der theoretischen Physik in Betracht kommt, alle Wahrscheinlichkeitstheorien von vornherein als ungenügend zu betrachten, welche den Zufall als „unbekannte Teilursache“ auffassen. Die physikalische Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses kann nur von den Bedingungen abhängen, welche sein Zustandekommen beeinflussen, aber nicht von dem Grade unseres Wissens.\*

Ich bin mir wohl bewußt, daß dies im Gegensatz zu der allgemein üblichen Auffassung steht, welche eine teilweise Unkenntnis der Ursachen als das wesentliche hier in Betracht kommende Moment ansieht, darum sei als Beleg für unsere Behauptung bemerkt: Die Wahrscheinlichkeitsrechnungen der kinetischen Gastheorie würden ihre Berechtigung auch dann behalten, wenn wir

<sup>1)</sup> *Meinong* (loc cit.) führt den Wahrscheinlichkeitsgrad auf die Stärke „berechtigter Vermutungen“ zurück.



die Beschaffenheit der Moleküle, deren Anfangslagen usw. absolut genau kennen würden und imstande wären, deren Bewegungen mathematisch exakt für alle Zeiten zu verfolgen. Sie wäre dann noch immer zum wenigsten ein ebenso rationelles mathematisches Hilfsmittel wie die abgekürzte Multiplikation oder die Benutzung der Logarithmentafeln (oder des Rechenschiebers) neben der üblichen exakten Multiplikation.

Wie pflegen nun die Vertreter der herkömmlichen Auffassung die Tatsache zu erklären, daß eine Berechnung der Wirkung unbekannter Teilursachen möglich ist? Sie berufen sich auf das „Gesetz der großen Zahlen“ als ein zwar nicht beweisbares, aber empirisch unumstößlich erwiesenes Prinzip. So sagt z. B. Timmerding<sup>1)</sup>: „... die unverbrüchliche Kausalität in allem Naturgeschehen mag wohl aufrecht erhalten werden, sie reicht aber nicht hin, um die Regelmäßigkeit des Weltgeschehens vollständig zu erklären. Es gehört vielmehr die Tatsache hinzu, die wir als Gesetz der großen Zahlen bezeichnen, und die bewirkt, daß die Unregelmäßigkeiten, die sonst durch die zufälligen Ereignisse in die Welt hineingetragen werden, in dem Gesamtergebnis wieder verschwinden . . . . Unser Verstand sträubt sich allerdings dagegen, ein solches Prinzip nur deshalb anzunehmen, weil hier und dort seine Richtigkeit bezeugt wird, vielmehr drängt er dahin, auch einen inneren Grund für einen solchen Ausgleich zu finden. Ein solcher innerer Grund läßt sich aber nicht ermitteln . . . .“

Das ist wohl eine wenig erfreuliche Lösung, und man wird trachten, einen anderen Ausweg aus dem Dilemma zu finden. Übrigens bemerkt beispielsweise Poincaré, daß auch in der abstrakten Mathematik von Wahrscheinlichkeitsgesetzen geredet werden kann, daß z. B. die Häufigkeit der Zahlen 1, 2, 3, . . . an der letzten Stelle der

<sup>1)</sup> H. E. Timmerding, Die Analyse des Zufalls, S. 162 (Vieweg 1915).

Zahlenkolonnen einer Logarithmentafel dem gewöhnlichen Wahrscheinlichkeitsgesetz gleichmöglicher Fälle folgt. Wird sich der Mathematiker damit begnügen, hierin das Walten eines unbegreiflichen, rein empirischen Gesetzes der großen Zahlen anzuerkennen?

### III.

Ein Fingerzeig zur Lösung der Frage scheint mir darin zu liegen, daß die oben erwähnten Definitionen des Zufalls als unbekannter Teilursache<sup>1)</sup> und dergl. zweifellos *viel zu weit sind*. Als *Leverrier* bemerkte, daß die Bewegung des Uranus nicht genau mit der Vorausberechnung übereinstimme, sagte er nicht: das ist Zufall! — Wir haben keine Ahnung, wann eine magnetische Störung stattfinden wird, halten aber das Eintreten derselben doch durchaus nicht für eine Sache des Zufalls.

Es fehlt in diesen Beispielen ein ganz wesentliches Merkmal desjenigen, was man im gewöhnlichen Leben oder in unserer Wissenschaft als Zufall bezeichnet, und zwar läßt sich dieses kurz in die Worte fassen: Kleine Ursache — große Wirkung! Ein minimaler Unterschied im Eingangsetzen der Roulette — Gewinn oder Verlust einer Unsumme Geldes. *Poincaré*, welcher hierauf nachdrücklich hingewiesen hat, gibt zwar noch zwei Alternativmerkmale des Zufalls an<sup>2)</sup>: Kompliziertheit vieler mitwirkender Ursachen oder gegenseitige Einwirkung zweier für gewöhnlich zu unabhängigen Gebieten gehöriger Vorgänge, doch glaube ich, daß sämtliche dazu ge-

<sup>1)</sup> *Ozuber* (Wahrscheinlichkeitsrechnung, S. 8) sagt „unbekannte und wechselnde Umstände“. Es ist wohl nicht recht klar, was mit „wechselnd“ gemeint ist und wie der Wechsel zu erkennen ist, wenn der Umstand selber unbekannt ist. Vielleicht ist das aber ein intensives Herausfühlen der Kriterien, die wir später besprechen werden.

<sup>2)</sup> *H. Poincaré*, *Calcul des Probabilités*, Paris 1912, Introduction.

zwey  
an

Handwritten notes in the left margin, possibly "S. 8" and "Ozuber".

hörigen Fälle sich bei genauer Analyse ebenfalls unter jenen Gesichtspunkt einordnen lassen.

Besonders charakteristisch tritt jenes Merkmal in allen Fällen auf, wo es sich um einen Zustand labilen Gleichgewichts handelt. Denken wir uns einen „idealen“ Würfel auf eine Ecke gestellt, so ist die kleinste Verschiebung des Schwerpunktes aus der Vertikalen schon dafür entscheidend, auf welche der drei unten zusammenstoßenden Flächen der Würfel zu liegen kommen wird. Welche Zahl also obenauf erscheinen wird, das, so sagt man, hängt vom Zufall ab. Mathematisch ausgedrückt: die Wirkung  $y$  (obenauf erscheinende Zahl) hängt von der Ursache  $x$  (Lage des Schwerpunktes) derart ab, daß die Funktion  $y = f(x)$  in dem betreffenden Gleichgewichtswerte  $x_0$  eine Unstetigkeit aufweist.

(Nebstbei bemerkt, setzt sich die Ursache in diesem Falle eigentlich aus zwei Variablen zusammen: wenn man sich den Schwerpunkt  $O$  und die drei in der unteren Ecke  $E$  zusammenstoßenden Kanten auf die Horizontalebene projiziert, sieht man, daß die Entfernung  $r = OE$  in der so erhaltenen Projektion für die Geschwindigkeit maßgebend ist, mit welcher das Umfallen erfolgt; die durch einen Winkel  $\theta$  definierbare Richtung des Vektors  $OE$  in bezug auf die drei Kantenlinien für die Zahl, welche obenauf erscheinen wird.)

Nun entzieht sich aber ein derartiger Zufall jeder apriorischen Berechnung und kann auch niemals die Grundlage zur Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung bilden. Denn solange man die bestimmenden Ursachen (Richtung und Größe des Vektors  $OE$ ) nicht mit genügender Genauigkeit kennt, läßt sich bezüglich des Effektes überhaupt gar nichts voraussagen. Kennt man sie aber, so ist die Wirkung mit Gewißheit vor auszusehen, und es bleibt kein Raum für Wahrscheinlichkeit übrig.



Als Beispiel eines unberechenbaren Zufalls sei noch ein anderer Fall angeführt: wenn ein Artillerist mit einem mathematisch exakt schießenden Geschütz nach einem Ziel schießt, dessen Entfernung ihm unbekannt ist. Es fehlt ihm die Kenntnis einer der Variablen, von denen die richtige Elevation abhängt, und es wäre ein blinder Zufall, wenn er einen Treffer erzielen würde. Von irgend einer Vorausberechnung, von einer Wahrscheinlichkeit in unserem Sinne, kann da gar nicht die Rede sein, solange uns die Psychologie jenes Artilleristen nicht näher bekannt ist.)

(Sobald wir aber wissen, daß derselbe eine gewisse Methode systematischen Einschießens anwendet, oder sobald gewisse mechanische Hilfsmittel von später zu besprechender Art (z. B. Rotation des Geschützrohres um die Lagerachse) mitspielen, wird die Aufgabe eine ganz definierte, und läßt sich (mit Rücksicht auf die Größe des Zieles und seine Entfernung usw.) eine bestimmte Treffwahrscheinlichkeit angeben.

Der einer Wahrscheinlichkeitsberechnung entsprechende — vielleicht darf man sagen: der „ge-regelte“ Zufall zeichnet sich also vor dem Zufall in weiterem Sinne durch ein wesentliches Charakteristikum aus: *eine gewisse Regelmäßigkeit der Wirkung* bei oftmaliger Wiederholung des Vorganges, *unabhängig von der speziellen Art der Ursache.*

Läßt man den vorher besprochenen Würfel aus der Höhe eines Meters auf eine ideal ebene (unvollkommen elastische) Unterlage fallen, so ändert sich jener Vorgang in wesentlicher Weise. Der Würfel prallt ab, steigt empor und wiederholt diese Bewegungen mehrmals mit abnehmender Amplitude und unter Annahme scheinbar unregelmäßiger Rotationsbewegungen, bis er auf irgend einer seiner sechs Seiten liegen bleibt. Auf welche er schließlich zu liegen kommt, muß natürlich von der Art der anfänglichen Abweichung aus der axial-lotrechten Stellung abhängen, aber die Funktion  $y = f(r, \theta)$ , welche

diese Abhängigkeit ausdrückt, wird so beschaffen sein, daß bei kontinuierlicher Variation der zwei die Anfangslage definierenden Variablen  $r, \theta$  in äußerst raschem Wechsel Gebiete durchschritten werden, welche allen möglichen Endlagen entsprechen, derart, daß bereits innerhalb eines äußerst kleinen Variabilitätsbereiches,  $V$  der Achsenstellung (in bezug auf die Lotrechte) die den Zahlen 1—6 zugehörigen Bereiche ungefähr flächengleich werden. Die Größe  $V$  könnte man vielleicht mit dem Namen Ausgleichsgebiet belegen.)

$\theta$  kuppig

(Würde man nun versuchen, den Würfel vor dem Fallenlassen durch menschliche Hilfsmittel in irgend einer Weise zu orientieren, so ist klar, daß dabei gewisse Einstellungsfehler trotz größter Sorgfalt unvermeidlich sind. Den Bereich dieser unvermeidlichen Fehler wollen wir als Schwankungsbereich  $\Omega$  bezeichnen, und man darf wohl annehmen, daß die Verteilungsfunktion  $\varphi(r, \theta)$ , welche die relative Häufigkeit jener Fehler bei unzähliger Wiederholung der Versuche darstellt, einen regelmäßigen „analytischen“ Charakter besitze. Ist daher das durch die Art der zwangsläufigen Funktion  $f(r, \theta)$  bestimmte Ausgleichsgebiet  $V$  klein im Vergleich zum individuellen Schwankungsbereich  $\Omega$ , so ist leicht einzusehen, daß schließlich für alle Zahlen 1—6 eine gleiche Wahrscheinlichkeit resultieren muß, unabhängig von der speziellen Art der beabsichtigten Einstellung und von der individuellen Variationsfunktion  $\varphi(r, \theta)$ . Das Einzelereignis ist also nicht vorauszusehen; wohl aber die Gesamtverteilung der Ereignisse bei fortgesetzter Wiederholung. In einem solchen Falle waltet der Zufall in gesetzmäßiger Weise.

Einfacher als der obige Fall ist das Beispiel der Roulette, an welchem Poincaré analoge Betrachtungen anstellt, oder das Beispiel der einem Schützen als Ziel dienenden rotierenden Sek-

70

torenscheibe. Ob derselbe einen schwarzen oder weißen Sektor treffen wird, hängt vom Zeitpunkt ab, wann das (feststehende) Gewehr abgedrückt wird. Man kann aber immer die Scheibe in so rasche Rotation versetzen, daß die Treffsicherheit des Schützen ausgeschaltet wird. Mag er sich in einem beliebigen Moment entschließen, loszudrücken, jedenfalls vergeht vom Entschluß bis zur Tat noch eine unbestimmte, in gewissen Grenzen variable Zeit, so daß die Wahrscheinlichkeit, daß der Schuß gerade zur Zeit  $t$  losgeht, durch eine (im Schwankungsbereich von  $t$  bis  $t + \tau$  von Null merklich verschiedene) Funktion  $\varphi(t)$  dargestellt wird, von der anzunehmen ist, daß sie keine singulären Eigenschaften, wie Unstetigkeiten, außerordentlich viele Maxima und Minima und dergl., aufweist, deren Form aber sonst gleichgültig ist.)

$t + \tau$

(Entfallen also auf den Schwankungsbereich  $\tau$  der Zeit genügend viele Rotationen der Scheibe, so verschwindet der Einfluß der individuellen Form der Verteilungsfunktion  $\varphi(t)$ , die Wahrscheinlichkeit, einen weißen oder schwarzen Sektor zu treffen, hängt dann nur vom relativen Flächeninhalt derselben ab. Man pflegt dann von jener Wahrscheinlichkeit schlechthin zu reden, ohne Rücksicht auf die Funktion  $\varphi$ , aber stillschweigend macht man doch betreffs  $\varphi$  die vorher erwähnten Annahmen. Jene Wahrscheinlichkeitsüberlegung würde beispielsweise ganz gegenstandslos werden, falls das Gewehr mit der Sektorenscheibe mittels eines elektrischen Kontaktes in passender Weise verbunden wäre.

In letzter Linie basiert die ganze Argumentation offenbar auf der Tatsache, daß jede (differenzierbare) Funktion sich im Bereich genügend kleiner Veränderungen der unabhängigen Variablen angenähert proportional mit denselben ändert, und sie läßt sich durch eine einfache geometrische Analogie illustrieren: wenn man auf Papier, das in schmale, gleichbreite, alternierend weiße und schwarze Flächenstreifen zerlegt ist,



aus freier Hand eine beliebige (aber nicht zu kleine und nicht zu unregelmäßige!) geschlossene Kurve zieht, so wird der von derselben ausgeschnittene „weiße“ und „schwarze“ Flächeninhalt sehr nahe gleich groß sein, ohne Rücksicht auf die Art jener Kurve. Letztere entspricht dem, was wir individuellen Schwankungsbereich genannt haben, während die Zerlegung des Papiers in Flächenstreifen durch die Art der zwangsläufigen Kausalrelation  $y = f(x)$  bestimmt ist.

Somit sehen wir, wie für die Wirkung des Zufalls ein bestimmtes Gesetz resultieren kann, ohne Rücksicht auf die spezielle Form jener unbekannten, primären Verteilungsfunktion  $\varphi$ , womit der erste der im II. Abschnitte hervorgehobenen Widersprüche seine Aufklärung findet. Allerdings muß man zugestehen, daß unsere Überlegungen das eigentliche Wesen des Zufalls noch nicht erschöpfend darstellen, denn sie beruhen ja auf der Annahme einer Verteilungsfunktion  $\varphi$  für die zufälligen Schwankungen der Ursache, von der überdies eine gewisse Eigenschaft (ein „regelmäßiger Verlauf“) vorausgesetzt wird. Dieser Umstand findet seinen Ausdruck in einer — übrigens ganz zutreffenden Aussage, mit welcher sich Mathematiker<sup>1)</sup> über diese Fragen hinwegzusetzen lieben: Aufgabe der Wahrscheinlichkeitsrechnung ist nicht *Erklärung* der Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses, sondern die *Ermittlung* derselben auf Grundlage einer anderen Wahrscheinlichkeit, nämlich der als bekannt angenommenen Wahrscheinlichkeit eines einfacheren, dasselbe verursachenden (oder dadurch bewirkten) Vorganges.

#### IV.

Fassen wir das bisher Gesagte in verallgemeinerter Form zusammen:)

(Man nennt *Zufall* eine spezielle Art von Kau-

<sup>1)</sup> Siehe z. B. E. Borel, Le Hasard, Paris, Alcan, 1914, S. 15.

salrelationen. Man sagt nämlich gewöhnlich, daß ein Ereignis  $y$  vom Zufall abhängt, wenn es eine solche Funktion einer veränderlichen (eventl. auch ihrem Werte nach unbekannten oder absichtlich ignorierten) Ursache oder Teilbedingung  $x$  ist, daß sein Eintreten oder Nichteintreten von einer sehr kleinen Änderung des  $x$  abhängt („klein“ im Verhältnis zum Schwankungsbereich des  $x$ ).)

Dieser populäre Zufallsbegriff eignet sich jedoch nicht als Grundlage eines exakt definierbaren Wahrscheinlichkeitsbegriffes. Von einem die Größe  $y$  betreffenden mathematischen Wahrscheinlichkeitsgesetz  $W(y)$  kann man erst dann sprechen, wenn die Kausalrelation  $y = f(x)$  außer der erwähnten Eigenschaft noch eine spezielle besitzt: nämlich wenn die Verteilung der  $y$ , wenigstens innerhalb gewisser Grenzen, unabhängig ist von der Art der Verteilungsfunktion  $\varphi(x)$ , welche die relative Häufigkeit der  $x$  bestimmt (vorausgesetzt, daß die Funktion  $\varphi(x)$  einen „regelmäßigen“ Verlauf habe).

Eine hierzu hinreichende mathematische Bedingung läßt sich für den Fall einer einzigen unabhängigen Variablen leicht aufstellen, wenn man die früher dargelegten Beispiele ins Auge faßt. Es genügt nämlich, daß die Funktion  $y = f(x)$  einen derartigen „oszillierenden“ Charakter habe, daß:

1. für jeden  $x_0$ -Wert in dem Schwankungsbereich  $\Omega$  ein solches, im Verhältnis zu  $\Omega$  äußerst kleines  $\Delta x$  angebar ist, daß die Funktion  $y = f(x) = f(x_0 + \varepsilon \Delta x)$  sämtliche  $y$ -Werte (innerhalb gewisser Grenzen) durchläuft, sobald die Variable  $\varepsilon$  die Werte von 0 bis 1 durchläuft;
2. daß der Bruchteil des  $\varepsilon$ -Gebietes, welcher einem gewissen Gebiet von  $y$ -Werten entspricht, für alle innerhalb  $\Omega$  gelegenen  $x_0$ -Punkte (annähernd) gleich groß ist.

Für jedes  $x$  gibt es also einen kleinsten Be-

bei 2. Oszillation  
für jeden  $x_0$  Wert

gleiches Intervall  
für alle  $x_0$

reich  $\Delta x$ , welchem eine Variation über alle Werte  $y$  entspricht, und die Größe desselben definiert gewissermaßen die Struktur der Kausalfunktion  $f(x)$ ; je „feinkörniger“ dieselbe ist, d. h. je kleiner jene  $\Delta x$  sind, desto geringer sind die Anforderungen, welche man betreffs der „Regelmäßigkeit“ der primären Verteilungsfunktion  $\varphi(x)$  stellen muß, um ein von der Art derselben unabhängiges Resultat für die Verteilung  $W(y)$  zu erhalten. ):

(Natürlich ist dabei umgekehrt ein jeder  $y$ -Wert durch eine Menge verschiedener  $x$  realisierbar, d. h. die inverse Funktion ist in hohem Grade *vieldeutig*: die gleiche Wirkung kann durch sehr verschiedene ursächliche Konstellationen hervorgebracht werden — ebenfalls ein sehr charakteristischer Zug jener Kausalrelationen, welche die Entstehung von Wahrscheinlichkeitsgesetzen veranlassen.

Spezielle Beispiele derartiger funktionaler Zusammenhänge sind leicht zu geben, z. B.:

$y = \sin\left(\frac{x}{\alpha}\right)$ . [Setzen wir voraus, daß  $\alpha$  äußerst klein ist im Vergleich zum Schwankungsbereich der „Ursache“  $x$ , so wird auch  $\Delta x = \left(\frac{2\pi}{\alpha}\right)$  sehr klein, und es resultiert für die „Wirkung“  $y$  eine von der Wahrscheinlichkeit der  $x$  weitgehend unabhängige Häufigkeitsverteilung:

$$W(y) dy = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-y^2}} dy.$$

Noch einfacher ist der früher betrachtete Fall der rotierenden Scheibe. Hierbei nehmen wir als  $x$  die Zeit  $t$  an, zu welcher der Schuß losgeht, als  $y$  die Winkeldistanz  $\Theta$  des Treffpunktes in der Scheibenebene (von einem bestimmten Radius derselben ab gerechnet). Es ist also:  $\Theta = ct - 2n\pi$  wobei die Winkelgeschwindigkeit  $c$  eine sehr große Zahl sein soll und  $n$  immer so gewählt wird, daß  $\Theta$  zwischen 0 und  $2\pi$  gelegen sei. Der Bereich  $\Delta x$  ist offenbar auch in diesem Falle

$L \mid a \text{ cap.}$

$\odot \quad 2\pi/\alpha$

$d \text{ kurz}$

$L \mid a \text{ cap.}$

$\odot \text{ kurz}$



198

gleich  $\Delta x = \frac{2\pi}{c}$  und es werden alle Winkel  $\theta$  gleich wahrscheinlich sein, wenn diese Größe klein ist im Vergleich mit dem Schwankungsbereich der Ursache.

$$2\pi/c$$

Es gibt jedoch außerdem noch zahlreiche, der mathematischen Analyse nicht so leicht zugängliche Fälle, in denen rein physikalische Vorrichtungen die Unabhängigkeit des resultierenden Wahrscheinlichkeitsgesetzes von der Art und Ursache der primären Schwankungen mit beliebiger Annäherung hervorbringen. Als typische derartige Fälle seien nachstehende Beispiele etwas eingehender besprochen:

ant. }  
spec. }

I. Das Galtonsche Brett. Es besteht aus einem geneigt aufgestellten Brett, in welches eine große Anzahl von Stiften, in regelmäßigen Horizontalreihen angeordnet, eingeschlagen wurden, und zwar ist die Anordnung derselben eine alternierende, so daß die Stifte jeder Reihe den Öffnungen der beiden benachbarten Reihen entsprechen. Werden nun von einem gegebenen Punkt aus Kugeln von passender Größe (so daß ihr Durchmesser wenig kleiner sei als der freie Abstand zwischen zwei benachbarten Stiften) über das Brett rollen gelassen, so werden sie infolge der Zusammenstöße mit jenen Stiften aus ihrer Bahn in unregelmäßiger Weise abgelenkt und sammeln sich schließlich nach Passierung sämtlicher Stiftreihen in den am unteren Brettrande angebrachten Behältern an, so daß die Höhe, zu der sie in denselben reichen, direkt als Maß der Wahrscheinlichkeit der betreffenden Lage dienen kann.)

Es zeigt sich, daß sie sich daselbst gemäß dem Gaußschen Fehlergesetz:  $L_y = A e^{-x^2}$  anordnen, so daß die meisten sich in der Fallinie des Ausgangspunktes ansammeln, während ihre Zahl nach beiden Seiten zu nach Maßgabe der bekannten Glockenkurve abnimmt. Dieses Resultat ist mathematisch leicht erklärlich, sobald man annimmt, daß eine jede Kugel nach dem Austritt

$$L = A e^{-x^2}$$

aus der Öffnung zwischen zwei Stiften gleiche Wahrscheinlichkeit dafür bietet, daß sie die nächste Stiftreihe zur Rechten oder zur Linken des darunterstehenden Stiftes passieren werde.

(Erfolgt nämlich dieser Vorgang ganz zufällig, mit gleicher Wahrscheinlichkeit für rechts und links, so läßt sich die Wahrscheinlichkeit, daß die Kugel beim Passieren der  $m$ ten Stiftreihe eine dem  $n$ -fachen Nagelabstand gleiche seitliche Entfernung aus der Mittellinie besitze, nach dem bekannten Bernoullischen Satze zu

$$W(n) = \binom{1}{2} \frac{m!}{\binom{m}{2} \binom{m}{2+n}}!$$

bestimmen, was für große Werte der Zahl  $m$  angenähert in die vorerwähnte Formel übergeht. Es wird also die komplizierte Gesamterscheinung auf einfache Elementarvorgänge zurückgeführt, aber es bleibt noch aufzuklären, wieso letztere als ganz zufällig angesehen werden können, obwohl eigentlich die Anfangslage und Anfangsgeschwindigkeit der Kugel die weitere Bewegung derselben eindeutig bestimmen sollte.

Op. — Um unkontrollierbare Nebenumstände möglichst auszuschalten, idealisieren wir das Beispiel durch Voraussetzung vollständiger Glattheit der schiefen Ebene, exakter Anordnung der Stifte, exakter Kugelgestalt der Kügelchen und nehmen wir ferner an, der Kugeldurchmesser sei fast genau gleich dem freien Abstand der Stifte, und die Stöße der Kugeln an letzteren mögen unelastisch verlaufen. Offenbar ist dann die nach Austritt der Kugel zwischen zwei Stiften spurenweise übrig bleibende Horizontalkomponente der Geschwindigkeit allein maßgebend dafür, ob der nächste Stift auf der rechten oder linken Seite getroffen wird, ob also die Kugel denselben auf der einen oder anderen Seite passieren wird. Jene Horizontalkomponente ist aber das Resultat vielfacher Reflexionen der Kugel zwischen jenen

zwei Stiften und ist durch die Lage der Zentriline beim ersten Stoß zu der betreffenden Stiftreihe eindeutig bestimmt. Eine ganz minimale Lagenänderung dieser Zentriline genügt, um zu bewirken, daß die Richtung jener Horizontalkomponente umgekehrt wird; bei weiterer äußerst geringer Lagenänderung wird dieselbe wieder umgekehrt usw.

Wir erkennen im Obigen die wesentlichen Züge des „geregelten“ Zufalls: 1. „Kleine Ursache, ~~große~~ große Wirkung“; 2. den oszillierenden Charakter der Kausalrelation, welcher sich ungenau, aber bezeichnend auch durch die Worte ausdrücken läßt „Verschiedene Ursachen, ~~große~~ gleiche Wirkungen“; 3. die annähernd gleichmäßige Verteilung der Chancen der Elementarereignisse. Im Grenzfalle, wenn der Kugeldurchmesser genau gleich dem freien Abstand der Stifte ist, verliert die Funktion, welche den Zusammenhang zwischen Anfangskonstellation und Endlage der Kugel darstellt, den analytischen Charakter. Die Chancen für eine positive und negative Verschiebung werden bei jedem Stoß genau gleich groß, und es wird sich die Gaußsche Glockenkurve herstellen, ganz unabhängig davon, wie klein auch die Schwankung der Anfangskonstellation der Kugeln sei (vorausgesetzt, sie ist nicht genau gleich Null). Wir erhalten ein Modell eines sozusagen ideal zufälligen Vorganges.

Dieser Vorgang bildet, nebstbei bemerkt, eine treffliche Illustration einer ganzen Klasse physikalischer Erscheinungen, welche wir im allgemeinen als Diffusion und Wärmeleitung zu bezeichnen pflegen. Ohne an dieser Stelle in Einzelheiten einzugehen, erwähnen wir beispielsweise, daß die seitlichen Verschiebungen, welche die Kugel beim Hindurchrollen durch die aufeinanderfolgenden Stiftreihen erfährt, genau mit den der sogen. Brownschen Molekularbewegung entsprechenden Verschiebungen übereinstimmen. Und würden wir diese Versuche dadurch modifizieren, daß wir ein „begrenztes Galtonsches



Brett“ verwenden, dessen Seitenausdehnung durch zwei in der Falllinie verlaufende Leisten begrenzt ist, und daß wir aus allen Öffnungen der obersten Stiftreihe auf der rechten Hälfte des Brettes schwarze, auf der linken Hälfte weiße Kugeln austreten lassen, so würde deren allmähliche Vermischung beim Passieren der Stiftreihen genau der Diffusion zweier Gase in den bekannten Versuchen *Loschmidts* entsprechen. Besitzt das „begrenzte *Galton'sche* Brett“ eine hinreichende Länge, so muß eine homogene Endverteilung resultieren.

Spec. }  
ant. }

II. Ein in mathematischer Hinsicht komplizierteres, aber physikalisch noch einfacheres Beispiel ist das folgende: Denken wir uns ein unregelmäßig, aber im übrigen *beliebig geformtes Gefäß mit vollkommen reflektierenden Wänden*, in welches wir durch ein sehr kleines, in einer Wand angebrachtes Loch ein elastisches Kügelchen (am besten ein Gasmolekül) hineinschleudern, und überlegen wir, wann das Kügelchen wieder durch jenes Loch aus dem Gefäß austreten dürfte. Sofern die Öffnung im Verhältnis zur ganzen Wandfläche genügend klein ist, wird die Kugel im allgemeinen infolge der vielfachen Reflexionen einen äußerst komplizierten Zickzackweg zurücklegen müssen, bis sie die Austrittsstelle erreicht, und es ist klar, daß eine ganz minimale Änderung der Anfangsrichtung noch längere Zeit eine sehr erhebliche Änderung der Bahn und damit auch eine bedeutende Änderung der Austrittszeit hervorrufen muß. Ebenso begreift man, daß dieselbe Austrittszeit mittels sehr verschiedener Anfangskonstellationen zu erreichen ist — man braucht hierzu nur verschiedene Austrittsbahnen rückwärts zu verfolgen. Es scheint also die Möglichkeit einer Wahrscheinlichkeitsberechnung gegeben zu sein.)

(Allerdings ist eine exakte mathematische Analyse wohl noch nicht durchgeführt worden, aber physikalische Überlegungen aus dem Gebiete der kinetischen Gastheorie, wie auch der Strahlungs-

theorie, wo dasselbe Problem in anderer Form zur Sprache kommt, machen es plausibel, daß bei ganz beliebiger Verteilung der Anfangsrichtungen im Laufe der Zeit eine Ausgleichung der Wahrscheinlichkeit stattfindet, so zwar, daß dann jedes Volumelement jenes Hohlraumes für die Kugel einen gleich wahrscheinlichen Aufenthaltsort bildet, daß sie sich in irgend einer Richtung gleich wahrscheinlich bewegt und daß sie durchschnittlich auf jedes Flächenelement der Gefäßwand gleich häufig auftritt.)

(Wird die Geschwindigkeit der Kugel mit  $c$ , das Volumen des Gefäßes mit  $V$ , und der Querschnitt der freien Öffnung mit  $\omega$  bezeichnet, so läßt sich nach Analogie mit gastheoretischen Rechnungen leicht nachweisen, daß die Wahrscheinlichkeit dafür, daß der Austritt der Kugel während des Zeitraumes  $\tau$  erfolge, beträgt:

$$W = \frac{\omega c \tau}{4 V};$$

also ist die durchschnittlich bis zum Austritt der Kugel aus dem Gefäß verfließende Zeit:

$$T = \frac{4 V}{\omega c}.$$

In noch weit höherem Grad kommen übrigens die charakteristischen Züge des (geregelten) Zufalls zur Geltung, wenn es sich um die Bewegung einer Schar von Kugeln handelt, welche in ein geschlossenes Gefäß eingesetzt werden, da dann die gegenseitigen Zusammenstöße derselben vor allem die Wirkung haben, den ursprünglich vorhandenen Bewegungszustand in unregelmäßiger Weise zu stören.)

(Es ist das ein Spezialfall der von Boltzmann als allgemeine Eigenschaft molekularer Systeme erkannten Tendenz zur molekularen Unordnung, auf welcher die kinetische Erklärung des Entropiesatzes beruht.

## V.

Die Überlegungen, durch die wir im Abschnitt III und IV das Wesen des Zufalls zu

charakterisieren und die Gesetzmäßigkeit seiner Wirkungen zu erklären suchten, scheinen mir, wie bereits vorher/angedeutet wurde, in zweifacher Hinsicht nicht ganz befriedigend zu sein:

1. Es wurde angenommen, daß die „Ursache“  $x$  ein Wahrscheinlichkeitsgesetz  $\varphi(x)$  befolgt, also wurde dieser Begriff als etwas Primäres vorausgesetzt. Gegenstand der Erklärung war nur die Unveränderlichkeit des Wahrscheinlichkeitsgesetzes für die resultierende Wirkung.
2. Es wurden gewisse Eigenschaften der Funktion  $\varphi(x)$  vorausgesetzt, welche wir als „Regelmäßigkeit“ bezeichnet haben.

← Diese zwei Bemerkungen machen uns vor allem auf einen mehr formalen Mangel unserer Darstellung aufmerksam. Was bedeutet es nämlich, wenn wir sagen, daß die Wahrscheinlichkeit des Eintretens des  $x$  (Handbewegung beim Ingangsetzen der Roulette, Orientierung des fallengelassenen Würfels, der Kugel auf dem Galtonschen Brett) durch eine regelmäßige Verteilungsfunktion  $\varphi(x)$  bestimmt ist? Handelt es sich um ein  $x$ , welches wir nicht auf noch frühere Ursachen zurückführen können, so wäre das Gesetz  $\varphi(x)$  nur empirisch erkennbar. Unmittelbar gegeben sind aber nur diskrete Einzelfälle, und erst durch Abstraktion auf Grund unzählig vieler Spezialfälle kommt man dazu, auf deren Grund die Häufigkeitsfunktion  $\varphi(x)$  zu formulieren, von welcher die Eigenschaft (2) vorausgesetzt wird.)

( Es wäre also weit rationeller, den Umweg über die abstrakte Verteilungsfunktion  $\varphi(x)$  zu vermeiden und direkt nur eine gewisse Menge von Einzelfällen in Betracht zu ziehen. Versuchen wir also anstatt der hervorgehobenen Stelle des IV. Abschnittes folgenden Satz zu setzen: Von einer mathematischen Wahrscheinlichkeit kann nur dann die Rede sein, falls die den kausalen Zu-



sammenhang zwischen zufälliger<sup>1)</sup> Ursache  $x$  und Wirkung  $y$  darstellende Funktion  $y=f(x)$  derart beschaffen ist, daß einer beliebig verteilten Menge von  $x$ -Werten immer annähernd eine und dieselbe Verteilung der zugehörigen  $y$ -Werte entspricht. Dabei soll das Wörtchen „annähernd“ ausdrücken, daß exakte Identität der  $y$ -Verteilungen nur bei unendlich zahlreichen Einzelfällen (Mengen) zu erwarten ist.

Am klarsten übersieht man diese Verhältnisse bei der rotierenden Scheibe: im allgemeinen wird dieselbe von den Treffpunkten ungefähr gleichförmig überdeckt sein, falls eine genügende Anzahl von Schüssen in beliebigen Zeitintervallen abgegeben wird, und die Verteilung der Trefferdichte auf der Scheibe wird verhältnismäßig desto gleichförmiger sein, je größer die Anzahl der Schüsse. Nun sind aber offenbar auch ganz abweichende Ergebnisse möglich. Wären z. B. alle Zeitintervalle gleich und mit der Umlaufszeit der Scheibe kommensurabel, so würden sich alle Treffpunkte auf gewisse Stellen konzentrieren, während der Rest der Scheibe leer bleiben würde. Das wäre ein entscheidender Einwand gegen die Anwendbarkeit der in Rede stehenden Formulierung unseres Satzes, wenn uns nicht die Erwägung zu Hilfe käme, daß derlei abweichende Anordnungen nur gewisse „singuläre“ Ausnahmefälle bilden, deren Häufigkeit im Verhältnis zu allen möglichen Anordnungen offenbar verschwindend klein ist. In der Mengenlehre beweist man bekanntlich, daß es — populär ausgedrückt — unendlichmal so viele irrationale Zahlen gibt als ganze Zahlen, und in analoger Weise sieht man ein, daß unter allen möglichen Intervallängen diejenigen, welche mit der vorgegebenen Umlaufszeit kommensurabel sind, nur einen unendlich kleinen Bruchteil bilden. Werden also aufs Geratewohl verschiedene Intervallängen gewählt, so ist es unendlich wenig wahr-

1) „Zufällig“ in dem vorher definierten Sinne.

scheinlich, daß man gerade solche treffen werde, welche mit der vorgegebenen exakt kommensurabel sind. Somit wird „im allgemeinen“ eine annähernd gleichförmige Überdeckung der Scheibe resultieren.

Analoges gilt auch in anderen Fällen. Hat z. B. das im Abschnitt IV (2) erwähnte Gefäß die Gestalt eines „mathematischen Würfels“, so ist leicht einzusehen, daß die hineingeschleuderte Kugel sich trotz beliebig vieler Reflexionen nur in einer von acht bestimmten Richtungen bewegen kann. Es genügt aber eine beliebig kleine Abweichung der Neigungswinkel der Wände, um diese Anordnung nach entsprechend langer Zeit zum Verschwinden zu bringen und sämtliche Richtungen des Raumes für die Bewegung der Kugel gleich wahrscheinlich zu machen. Falls also nicht ein speziell „ad hoc“ mathematisch genau konstruiertes Gefäß ausgesucht wird, so müssen innerhalb einer Schar derartiger Kugeln die Reflexionen derselben an den Gefäßwänden (außerdem auch die gegenseitigen Zusammenstöße) eine Gleichverteilung der Bewegungsrichtungen im Raume hervorbringen.

Bis in alle Einzelheiten lassen sich diese Verhältnisse in einem ähnlichen, aber zweidimensionalen Beispiele übersehen, in welchem die mit den Reflexionen an den Wänden verbundenen Diskontinuitäten vermieden werden sollen. Stellen wir uns einen Punkt vor, welchen wir unter Einfluß willkürlich gewählter, voneinander unabhängiger elastischer Kräfte  $X, Y$  eine zusammengesetzte Schwingungsbewegung:  $x = a \sin \alpha t$ ,  $y = b \sin \beta t$  ausführen lassen, wie dies beispielsweise bei der Darstellung der Lissajouschen Figuren in der Akustik geschieht.)

(Würde es uns gelingen, die betreffenden elastischen Systeme (Stimmgabeln) derart abzugleichen, daß die beiden Schwingungszahlen miteinander kommensurabel werden, so würde der betreffende Punkt nur eine geschlossene Kurve in periodischer Weise zurücklegen, ohne die übrigen Teile

L/a cap

der Fläche des Rechteckes  $ab$  zu durchstreichen. Kommt aber hierbei mathematische Genauigkeit in Betracht, so würde dies offenbar einen ganz ausnahmsweisen Spezialfall bilden, welchen wir mit menschlichen Hilfsmitteln nie zu erreichen hoffen können, da es unendlich wahrscheinlicher ist, daß sich ein irrationales Verhältnis der Schwingungszahlen einstellt. Im allgemeinen entsteht also eine ungeschlossene Kurve, welche jedem innerhalb des Rechteckes  $ab$  gelegenen Punkte beliebig nahe kommt, und zwar findet man leicht, daß die relative Häufigkeit (gleich der relativen Zeitdauer), mit welcher der schwingende Punkt in einem gewissen, an der Stelle  $x, y$  gelegenen Flächenelement angetroffen wird, gegeben ist durch:

*d. Kurve*

$$W(x, y) \, dx \, dy = \frac{1}{\pi^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{a^2 - x^2} \sqrt{b^2 - y^2}} \, dx \, dy,$$

und zwar ist dieses Wahrscheinlichkeitsgesetz, wie wir sehen, von der Art der Festsetzung der Schwingungszahlen. (bzw. der Kräfte  $X, Y$ ) im allgemeinen ganz unabhängig. — Bemerkt sei dazu noch, daß durch die obigen Schwingungsgleichungen zu jedem Punkt der durchlaufenen Fläche eine (bzw. zwei) Fortschreitungsrichtung und eine gewisse Bewegungsgeschwindigkeit zugeordnet ist. Falls nun anstatt eines einzigen, vom Nullpunkt ausgehenden Punktes eine ganze Schar derartiger, aber anfangs willkürlich über jene Fläche verteilter Punkte gemäß jenen Formeln in Bewegung gesetzt wird, so ergeben ganz analoge Überlegungen wie vorher, daß im allgemeinen nach entsprechend langer Zeit die Spuren der ursprünglichen Anordnung der Punkte verschwinden, und eine von der Art derselben unabhängige Verteilung nach Maßgabe des eben angeführten Wahrscheinlichkeitsgesetzes resultiert.

In ähnlicher Weise ist leicht einzusehen, daß andauerndes Durchrühren zweier in einem Gefäß anfänglich gesonderter Farbstofflösungen im allgemeinen eine homogene Mischung bewirkt, daß

105



eine Schar von Gasmolekülen, welche in einem geschlossenen Raume ursprünglich beliebig angeordnet wurden, sich im allgemeinen im Laufe der Zeit über denselben ohne Rücksicht auf die anfängliche Anordnung so verteilt, als ob ihre Lagen ganz zufällig (mit gleicher Wahrscheinlichkeit für alle Volumelemente) wären. Dies rechtfertigt eben die Benützung der üblichen Methoden der kinetischen Gastheorie zur Berechnung solcher Größen, in denen die Durchschnittswirkung einer großen Molekülzahl zum Vorschein kommt.

In allen derartigen Fällen sind singuläre Ausnahmefälle theoretisch möglich, kommen aber wegen ihrer verschwindend geringen Wahrscheinlichkeit praktisch nicht in Betracht. Wenn wir aber, um diesbezüglichen Einwänden zu begegnen, deren Möglichkeit in der Formulierung unseres vorherigen Satzes (~~S. 259~~) berücksichtigen, so müssen wir in demselben das Wörtchen „immer“ durch den Ausdruck „im allgemeinen“ — d. h. mit Ausnahme prozentuell verschwindend wenig zahlreicher Ausnahmefälle — ersetzen.

Vielleicht ist aber folgende, etwas präzisere Form vorzuziehen: Für eine Wirkung  $y$ , welche von der unvollständig bestimmten Ursache  $x$  abhängt, besteht ein Wahrscheinlichkeitsgesetz, wenn die den betreffenden kausalen Zusammenhang darstellende Funktion  $y = f(x)$  gewisse Eigentümlichkeiten besitzt, nämlich wenn:

1. kleine Änderungen von  $x$  im allgemeinen große Änderungen von  $y$  hervorrufen;
2. die Menge solcher Gruppierungen von  $x$ -Werten, welchen annähernd eine und dieselbe Gruppierung von  $y$ -Werten entspricht, unermesslich zahlreicher ist als die Menge der  $x$ -Gruppierungen, welchen merklich abweichende  $y$ -Verteilungen entsprechen.

← Vom mathematischen Standpunkt aus wäre dieser Satz gewiß noch schärfer zu fassen, aber die obige Formulierung dürfte den Grundgedanken, auf welchen es hier ankommt, in genügend verständlicher Weise hervorheben. Wir machen auf einen Umstand noch ausdrücklich aufmerk-

p. 106 sam, welcher in dem eben Gesagten wie auch in fast allen unseren Beispielen klar zutage tritt: vollständige Zufälligkeit und dementsprechende Reinheit der Wahrscheinlichkeitsrelation bildet offenbar einen *Idealfall*, welcher in Wirklichkeit mit größerer oder geringerer *Annäherung* erreicht wird. In den praktischen Anwendungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung ist man meist durch eine sehr rohe Annäherung vollkommen befriedigt.

## VI.

Noch wichtiger als die mehr formale Frage, die uns im vorigen Abschnitt hauptsächlich beschäftigte, scheint mir die Frage nach der *eigentlichen Genese des Zufalls* zu sein, welche durch den ersten der beiden daselbst erwähnten Einwände nahegelegt wird, teilweise allerdings auch schon in den betreffenden Beispielen ihre Beantwortung findet. Die zufällige Variabilität der Ursachen, auf welche sich unsere ursprüngliche Erklärung des Gesetzes der großen Zahlen stützte, ist ohne weiteres verständlich, wenn es sich um Experimente handelt, welche von menschlicher Hand ausgeführt werden; es wird da der Zufall in letzter Linie auf psychologisch-physiologische primäre Ursachen zurückgeführt. Wenn aber der Mensch, samt seinen unberechenbaren launischen Einfällen, ganz ausgeschaltet wird, wenn man annimmt, daß die einen physikalischen Vorgang bestimmenden Umstände ganz exakt definiert sind, kann da der Begriff der Wahrscheinlichkeit keine Anwendung finden?

(Meist wird dies behauptet, während uns die Beispiele der beiden vorhergehenden Abschnitte eines Besseren belehren. Wird eine einzige Kugel in ganz bestimmter Weise auf ein „begrenztes“ Galton'sches Brett gesetzt, dessen Stiftreihen außerordentlich zahlreich sind, und entwirft man eine Statistik der Stellen, wo sie die nacheinanderfolgenden Reihen passiert, so wird man finden, daß alle Werte der Abszissen *annähernd* gleich häufig vorkommen; sie sind gleich wahr-

unregelmäßig  
anfangs

scheinlich, und diese Behauptung bezeichnet hier eine objektive, vom Menschen unabhängige Tatsache. Im Beispiele (2) läßt sich der Ort, welchen die in bestimmter Richtung hineingeschleuderte Kugel in einem bestimmten Zeitpunkt einnehmen wird, theoretisch voraus berechnen, falls die Gestalt des Gefäßes mathematisch exakt gegeben ist, aber ohne weiteres ist ersichtlich, daß alle Bewegungsrichtungen im Laufe der Zeit gleich häufig vorkommen; und daß die Kugel alle Teile des Gefäßes annähernd gleich häufig passieren wird.)

Ebenso ist im Beispiele der zusammengesetzten Schwingung (V. Abschnitt) die Wahrscheinlichkeit ganz klar definiert als relative Häufigkeit, mit welcher der bewegliche Punkt (innerhalb langer Zeiträume) in einem gewissen Flächengebiet anzutreffen ist, obwohl dabei von einer Variation der die Bewegung bestimmenden Anfangsbedingungen gar nicht die Rede ist.

Es läßt sich nämlich der Begriff der objektiven Wahrscheinlichkeit in ganz analoger Weise auf alle solche unvollständig determinierten („zufälligen“ im früher dargelegten Sinne) Erscheinungen anwenden, bei welchen dieselbe Art Elementarvorgang sich (eventuell mit variablem Parameter) im Laufe der Zeit immer wieder wiederholt. Bekanntlich beweist die statistische Mechanik, daß derlei Bewegungsvorgänge durchaus nicht selten sind; im Gegenteil, es gehören dazu, laut einem Satze von Poincaré, die Bewegungen aller „endlichen“ mechanischen Systeme konservativer Art. Sie sind sämtlich „quasiperiodisch“ (in speziellen Fällen exakt periodisch), d. h. daß sich der (beliebige) Anfangszustand im Laufe der Zeit mit beliebiger Annäherung wiederholt. Handelt es sich übrigens um Bewegungen molekularer Systeme, so wird die Häufigkeit gleichartiger Fälle noch durch den Umstand ganz außerordentlich vermehrt, daß die Individualität chemisch identischer Moleküle für physikalische Erscheinungen gleichgültig ist.



Um, die Gesetze des physikalischen Zufalls und den Begriff der objektiven, vom Menschen vollständig unabhängigen Wahrscheinlichkeit noch klarer zu verstehen, wollen wir schließlich noch einen Vorgang näher betrachten, den man geradezu als den vollkommensten Typus dessen betrachten kann, was „zufällig“ genannt wird, d. i. den radioaktiven Atomzerfall. Bekanntlich erleiden die Atome des Radiums im Laufe der Zeit eine Umwandlung, indem sie sich durch explosive Abscheidung je eines  $\alpha$ -Teilchens in Atome der Emanation transformieren. Dabei läßt sich aber an den Radiumatomen keinerlei progressive Evolution (nach Art des Alterns der Organismen) wahrnehmen. Wann ein beliebiges, gerade ins Auge gefaßtes Atom eine Umwandlung erleidet, das ist absolut zufällig, und es läßt sich das in keiner Weise weder beeinflussen noch voraussehen. Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß ein solcher Prozeß gerade im Zeitraum  $dt$  stattfindet, ist ebenso groß für „junge“ wie für „alte“ Atome und läßt sich somit mathematisch durch die einfache Beziehung:  $W dt = \lambda dt$  ausdrücken, wo  $\lambda$  eine absolute Konstante ist, welche durch keine uns bekannten Agentien verändert werden kann.

← Auf Grund des vorher Gesagten kann man nun ohne weiteres ein Modell des in dieser Erscheinung zum Vorschein kommenden Zufalls geben: das öfters erwähnte Gefäß des IV. Abschnittes mit der hineingeschleuderten Kugel. Wir bemerkten schon a. a. O., daß für die Kugel eine unveränderliche Austrittswahrscheinlichkeit besteht, und man braucht nur die Größe derselben gleich der radioaktiven Umwandlungskonstante zu

setzen:  $\lambda = \frac{\omega c}{4V}$ . Hätten wir eine große Anzahl derartiger Gefäße von gleichem Volumen und würde in jedem derselben eine solche Kugel in anderer Richtung in Bewegung gesetzt, so würden die beiden in Rede stehenden Ereignisse — Heraustritt einer Kugel aus einem Gefäße und Abschleuderung eines  $\alpha$ -Teilchens aus einem

p. 108

der Radiumatome (von gleicher Anzahl) — in vollständig analoger Weise vor sich gehen.)

(Selbstverständlich glaube ich nicht, daß die Radiumatome wirklich einen derartigen Bau besitzen, aber es kommt uns nur auf die prinzipielle Möglichkeit der Konstruktion eines rein physikalischen Modells des „geregelten“ Zufalls an. Sie beweist jedenfalls, daß der scheinbare Widerspruch, welchen die im II. Abschnitt aufgeworfene Frage (2) betonte, in Wirklichkeit nicht besteht, und daß der Zufall — in dem in der Physik gebräuchlichen Sinne des Wortes — sehr wohl durch exakt definierte, gesetzmäßige Ursachen hervorgebracht werden kann.

Naturgemäß spielt diese Art Zufall die maßgebende Rolle in der Welt der Moleküle, und es gibt manche hierher gehörige Erscheinungen, wie z. B. die Brownsche Molekularbewegung, welche das Wesen desselben in äußerst anschaulicher Weise erkennen lassen. Man könnte vielleicht, um solche Fälle den durch willkürliches Eingreifen eines Organismus verursachten gegenüber zu stellen, von „molekularem“ und „physiologischem“ Zufall sprechen; diese beiden Arten werden sich auch oft zu komplizierteren Zufallserscheinungen verketteten.

Wenn beispielsweise ein Draht durch wachsende Spannung, eine Hohlkugel durch inneren Überdruck beansprucht wird, so sagt man, der Ort, wo ein Bruch stattfindet, die Form der Bruchstücke, hänge vom Zufall ab. Den wirklichen Grund können kleine Ungleichförmigkeiten der Dicke und dergl. bilden, welche indirekt auf den physiologischen Zufall bei Herstellung des betreffenden Objektes zurückzuführen sind. Aber auch wenn diese durch genügend große Sorgfalt, entsprechende maschinelle Vorrichtungen beliebig klein gemacht sind, bleiben zufällige Ungleichförmigkeiten im Gefüge des Materials, welche vom molekularen Zufall herrühren. Wird beim Guß der Hohlkugel auch noch so vorsichtig verfahren, es müssen derartige Ungleichförmigkeiten ein-

treten. Das Erstarren beruht nämlich auf der Bildung von Kristallisationskernen in der unterkühlten Schmelze; die Zahl und Anordnung derselben werden aber außer von gesetzmäßigen Einflüssen (Geschwindigkeit der Abkühlung und dergl.) in ausschlaggebender Weise vom molekularen Zufall bestimmt; der letztere ist somit für die faktisch entstehende mikrokristallinische Struktur des Stückes verantwortlich, von welcher die Festigkeitseigenschaften abhängen. Daß hier zufällige Molekularkonstellationen so merkbare Folgen nach sich ziehen, beruht, nebstbei bemerkt, wieder darauf, daß es sich dabei in letzter Linie um Überschreitungen labiler Gleichgewichtszustände handelt.

Auf die weiter sich aufdrängenden Fragen, ob sich alle Zufallerscheinungen auf die obigen zwei Typen zurückführen lassen, und inwiefern vielleicht im Grunde genommen auch der „physiologische“ im „molekularen“ wurzelt, wollen wir nicht weiter eingehen. Überhaupt sei nochmals wiederholt, daß unsere Studie durchaus nicht eine erschöpfende Analyse aller mit dem Wahrscheinlichkeitsbegriff zusammenhängenden Probleme geben sollte. Es scheint uns aber ein auch für den Philosophen äußerst wichtiges Ergebnis zu sein, wenn sich auch nur auf einem beschränkten Gebiet — dem der mathematischen Physik — zeigen läßt, daß der Begriff der Wahrscheinlichkeit, in der üblichen Bedeutung eines gesetzmäßigen Häufigkeitswertes zufälliger Ereignisse, eine streng objektive Bedeutung besitzt, daß man den Begriff und die Genese des Zufalls genau präzisieren kann, auch wenn man am Determinismus festhält, und daß sich dabei das Gesetz der großen Zahlen nicht als ein mystisches Prinzip und nicht als rein empirischer Erfahrungssatz, sondern als ganz einfache mathematische Folge der speziellen Form ergibt, welche in derlei Fällen den kausalen Zusammenhang darstellt.

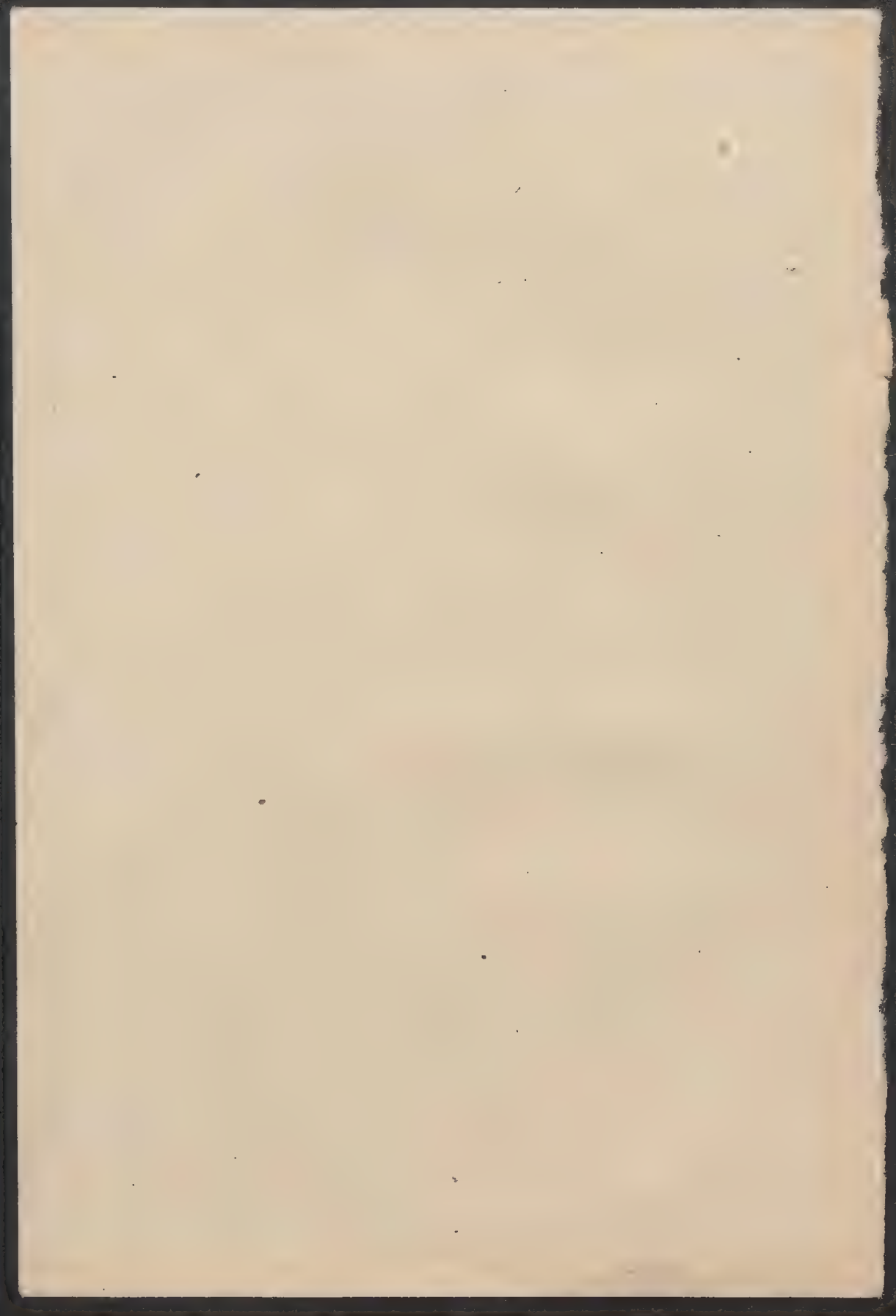
Vielleicht ist es nicht überflüssig, schließlich noch zu bemerken, daß der Wahrscheinlichkeits-



rechnung im Sinne dieser Auffassungsweise natürlich nicht der Wert eines von den sonstigen Naturerkenntnissen unabhängigen, neuen Forschungsprinzipes zukommt, da sie ja nur eine vereinfachende statistische Schematisierung gewisser in der Natur sehr häufig auftretender funktionaler Zusammenhänge bildet, deren exakte Untersuchung infolge großer Kompliziertheit sehr erschwert ist. Bei der charakteristischen Entwicklung der heutigen Physik im Sinne einer Auflösung der physikalischen Erscheinungen in verborgene Teilereignisse spielen Zufälligkeit und Wahrscheinlichkeit eine wichtige Rolle als anschauliche, abklärende Hilfsbegriffe, könnten aber zur Not auch vollständig entbehrt werden, indem sich jene schematisierenden Methoden durch exakt statistische Berechnungen vertreten lassen sollten<sup>1)</sup>. Die hier skizzierte Theorie macht uns allerdings auch den Grund begreiflich, warum die Anwendung jener Begriffe unter Verschleierung der Details der funktionellen Zusammenhänge doch hinreichend genaue Endergebnisse zu liefern pflegt, und wir verstehen, daß sie namentlich im Gebiet solcher empirischen Wissenschaften, wo eine exakte mathematische Untersuchung der Teilereignisse ausgeschlossen ist, ein unschätzbares Hilfsmittel bildet.

<sup>1)</sup> Darin besteht wohl der wesentliche Unterschied zwischen der kinetischen Gastheorie (*Maxwell, Boltzmann* u. a.) und der statistischen Mechanik (*Gibbs*), daß sich erstere auf gewisse, zwar recht plausible, aber nicht exakt bewiesene Zufalls- und Wahrscheinlichkeitsideen stützt, während letztere (wenigstens im Programm, wenn auch nicht ganz in der Durchführung) unter Vermeidung derselben auf exakt statistische Methoden aufgebaut ist.







51

---

**Verlag von Julius Springer in Berlin W9.**

**Analyse und Konstitutionsermittlung organischer Verbindungen.** Von Dr. Hans Meyer, o. ö. Professor der Chemie an der Deutschen Universität zu Prag. Dritte, vermehrte und umgearbeitete Auflage. Mit 323 in den Text gedruckten Figuren. 1916.

Preis M. 42,—; gebunden M. 44,80.

**Die quantitative organische Mikroanalyse.** Von Dr. Fritz Pregl, o. ö. Professor der medizinischen Chemie und Vorstand des medizinisch-chemischen Instituts an der Universität Graz. Mit 38 Textabbildungen.

Preis M. 8,—; gebunden M. 9,—.

**Untersuchungen über das Ozon und seine Einwirkung auf organische Verbindungen.** (1903–1916). Von Carl Dietrich Harries. Mit 18 Textfiguren. 1916.

Preis M. 24,—; gebunden M. 27,80.

**Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure.** Sieben Abhandlungen aus dem chemischen Laboratorium der Königlich-Bayerischen Akademie der Wissenschaften in München von Dr. Richard Willstätter, Professor, Geheimer Hofrat, und Dr. Arthur Stoll.

Preis M. 28,—; gebunden M. 36,—.

**Untersuchungen über Chlorophyll.** Methoden und Ergebnisse. Von Professor Dr. Rich. Willstätter und Dr. Arthur Stoll. (Mitteilung aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie). Mit 16 Textfiguren und 11 Tafeln. 1913.

Preis M. 18,—; gebunden M. 20,50.

**Grundriß der Fermentmethoden.** Ein Lehrbuch für Mediziner, Chemiker und Botaniker. Von Professor Dr. Julius Wohlgemuth, Assistent am Kgl. Pathologischen Institut der Universität Berlin. 1913.

Preis M. 10,—; gebunden M. 10,80.

**Die Wasserstoffionenkonzentration.** Ihre Bedeutung für die Biologie und die Methoden ihrer Messung. Von Professor Dr. Leonor Michaelis, Privatdozent an der Universität Berlin. Mit 41 Textfiguren. 1914.

Preis M. 8,—; gebunden M. 8,80.

Bildet Band I der „Monographien aus dem Gesamtgebiet der Physiologie der Pflanzen und der Tiere“. Herausgegeben von F. Czapek-Prag, M. Gildemeister-Straßburg, E. Godlewski jun.-Krakau, C. Neuberg-Berlin, J. Parnas-Straßburg. Redigiert von F. Czapek und J. Parnas. Jeder Band ist einzeln käuflich.

**P-Tabellen,** enthaltend ausgerechnet die Wasserstoffexponentwerte, die sich aus gemessenen Millivoltzahlen bei bestimmten Temperaturen ergeben. Gültig für die gesättigte Kalomel-Elektrode. Von Dr. Arvo Ylppö. 1917.

Preis gebunden M. 3.60.

Teuerungszuschlag auf geheftete Bücher 20%, auf gebundene Bücher 30%.

---

---

Verlag von Julius Springer in Berlin W9.

*Demnächst erscheint:*

**Raum — Zeit — Materie**

Vorlesungen über allgemeine Relativitätstheorie

Von Hermann Weyl

Mit 13 Textfiguren. Preis etwa M. 10,—.

---

**Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie**

Von Erwin Freundlich

Mit einem Vorwort von Albert Einstein

Zweite, erweiterte Auflage. 1917. Preis M. 3,60.

---

**Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik**

Zur Einführung in das Verständnis der allgemeinen Relativitätstheorie

Von Moritz Schlick

1917. Preis M. 2,40.

---

**Die Atomionen chemischer Elemente und  
ihre Kanalstrahlen-Spektren**

Von Dr. J. Stark

Professor der Physik an der Technischen Hochschule Aachen

Mit 11 Figuren im Text und auf einer Tafel. 1913. Preis M. 1,60.

---

**Zur Krise der Lichtäther-Hypothese**

Von Professor Dr. P. Ehrenfest

1913. Preis M. —,60.

---

**Ueber die Konstitution und Konfiguration  
von Verbindungen höherer Ordnung**

Von Professor Dr. Alfred Werner, Zürich

1914. Preis M. 1,20.

---

**Lehrbuch der Thermochemie und Thermodynamik**

Von Professor Dr. Otto Sackur

Privatdozent an der Universität Breslau

Mit 46 Textfiguren. 1912. Preis M. 12,—; gebunden M. 13,—.

---

**Einführung in die Mikroskopie**

Von Professor Dr. P. Mayer in Jena

Mit 28 Textfiguren. 1914. Preis gebunden M. 4,80.

---

Teuerungszuschlag auf geheftete Bücher 20%, auf gebundene Bücher 30%.

---

79  
Odbitka z czasopisma Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika

KOSMOS XLI.

1916.

~~XXXXXXXXXX~~  
Maurycy Pius Rudzki

Przemówienia Wł. Dziewulskiego, M. Smoluchowskiego  
i A. Rosenblatta wygłoszone na uroczystem posiedzeniu  
Krakowskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Przyrodników  
im. Kopernika, odbytem ku uczczeniu pamięci M. Rudzkiego  
w Krakowie, dnia 21. listopada 1916.

N<sup>o</sup> 8

Tylko artykuł  
na str. 105 - 119 -

(Tymczasem proszę tu umieszczyć  
croyd ogłosić  
nie uwzględnić)

2 rysunki - trzeba zamieścić

L W O W.

I. ZWIĄZKOWA DRUKARNIA WE LWOWIE, UL. LINDEGO L. 4.

1917.





## Maurycy Pius Rudzki<sup>1)</sup>.

### A. Maurycy Rudzki jako astronom.

Mówiąc o działalności prof. Rudzkiego z dziedziny astronomii, nie zwrócę się do prac oryginalnych, a to dlatego, że wchodzą one tylko pośrednio w zakres astronomii. Taka praca n. p. jak „Wyznaczenie kształtu bryły ziemskiej na podstawie badań siły ciężkości“, w której Rudzki wprowadził swoją metodę redukcyjną, analogiczną do metody kondensacji Helmherta i doszedł do zmodyfikowanej definicji elipsoidy ziemskiej, jest pracą czysto geodezyjną, która może wejść w zakres zarówno geofizyki, jak i astronomii. Inna znowu praca: „O statyce atmosfery“, w której Rudzki rozpatruje ciało gazowe izolowane, obdarzone ruchem obrotowym, stałym i skończonym dookoła pewnej osi, jest pracą fizyczną, ale wchodzi jednocześnie w zakres astrofizyki.

Zwrócę się więc do dzieł czysto astronomicznych. Są to dwie książki: pierwsza w dwóch tomach „Astronomia teoretyczna“, dzieło niepospolitej wartości i druga „Gwiazdy i budowa wszechświata“. Jeżeli podkreśliłem wartość pierwszej książki, to uczyniłem to nie tylko dlatego, iż jest ona w ubogiej naszej literaturze naukowej zjawiskiem niecodziennym; przecież, nie mówiąc o literaturze popularnej, mieliśmy tylko dwa podręczniki J. Kowaleczyka: „O wyznaczeniu biegu ciał niebieskich“ i „O obliczaniu przeszkód biegu ciał niebieskich“; dzieło Rudzkiego jest trzecim z rzędu w tej dziedzinie. Ale wartość tego dzieła polega przede wszystkim na tem, że

<sup>1)</sup> Przemówienia wygłoszone na uroczystym posiedzeniu Krakowskiego Oddziału Pol. Tow. Przyr. im. Kopernika, odbytem ku uczczeniu pamięci M. Rudzkiego w Krakowie, dnia 21. listopada 1916.

mamy w niem krótko i treściwie, ale niezwykle jasno wyłożone zasady całokształtu zagadnień czysto astronomicznych. Układ tego dzieła jest następujący: mamy astronomię sferyczną, podstawę całej astronomii, poprzedzoną wykładem kilku rozdziałów pomocniczych. Tu chciałbym podkreślić niezwykle jasny wykład rachunku, zwanego teorią najmniejszych kwadratów; rachunek ten, jak wiadomo, opiera się na zasadach rachunku prawdopodobieństwa, jasne przedstawienie tego związku jest zasługą wykładu. Dalej mamy w książce Rudzkiego wyłożony bieg planet i komet, a więc zagadnienie dwóch ciał. Jest to dział odpowiadający podręcznikowi Kowalczyka, który obszerniej opracował ten temat i kładł większy nacisk na stronę praktyczną i rachunkową. Rudzki opracował metody t. zw. mechaniczne Olbersa i Gaussa, dalej metody analityczne i jedną z nowszych metod Leuschnera, która jest modyfikacją metody Laplace'a. Wreszcie podręcznik Rudzkiego obejmuje mechanikę niebios i metody wyznaczenia ogólnych i specjalnych perturbacyj. W tym dziale mamy nadto teorię ruchu księżyca, opartą na najnowszych pracach Hill'a, Brown'a i Poincaré'go, dalej dynamiczną teorię precesyi i nutacyi, wreszcie teorię równowagi ciał ciekłych obracających się; zapoznajemy się tu z pracami Jacobi'ego, Roche'a, Clairaut'a i z najnowszymi pracami Poincaré'go co do stałości równowagi.

Drugie dzieło „Gwiazdy i budowa wszechświata“ jest książką popularną, którą według treści możnaby podzielić na dwie części. Część pierwsza dotyczy dziejów astronomii w starożytności, a więc astronomii indyjskiej, egipskiej i babilońskiej. Część druga obejmuje wyobrażenia, dotyczące sklepienia niebieskiego w starożytności i w wiekach średnich, zmianę tych pojęć pod wpływem hipotezy Kopernika, dalej ruch gwiazd i słońca w przestrzeni, rozkład gwiazd w przestrzeni i t. d. Co się tyczy budowy wszechświata, to po omówieniu spekulacyi Lamberta i Kanta przechodzi Rudzki do rozwiązań Newcomba, Seeligera, Charliera i Arrheniusa. Rozpatrując krytycznie poglądy tych autorów, dotyczące sprawy nieskończoności wszechświata, staje do pewnego stopnia na stanowisku Arrheniusa, lecz poglądy te pogłębia i rozszerza. Myśli Rudzkiego streszczają się w tem, że w każdym prawdopo-



dobnym układzie gwiazd, nawet nieskończenie wielkim, przyciągania muszą w każdym punkcie mniej więcej się równoważyć i wypadkowa ich musi być skończona. Niema więc zasadniczej sprzeczności między prawem przyciągania Newton'a, a założeniem, że wszechświat jest nieskończony. Z drugiej jednak strony nie można wysnuć żadnego wniosku na korzyść nieskończoności wszechświata.

Omawiając działalność prof. Rudzkiego w dziedzinie astronomii, powinienem wspomnieć jeszcze o działalności jego na terenie obserwatorium astronomicznego. Jeżeli nie wiele o tej działalności powiedzieć można, to winą jest opłakany stan tego obserwatorium. Pod względem nowoczesnych wymagań nauki jest ono przestarzałe i tylko gruntowna zmiana, polegająca na przeniesieniu obserwatorium poza miasto i uposażeniu go w nowe przyrządy, mogłaby posunąć naprzód badania naukowe. Tak też zapatrywał się na tę sprawę Rudzki, skoro zaraz w pierwszym roku, gdy został dyrektorem obserwatorium, wystąpił z żądaniami, dotyczącymi poprawy tego smutnego stanu rzeczy. Lecz i dalsze starania nie odniosły niestety żadnego skutku; obserwatorium traktowano stale po macoszemu. Nie dziw więc, że i zakres prac był bardzo ograniczony. Jeżeli prace astronomiczne wymagają kosztowniejszych przyrządów i lepszych warunków, to natomiast badania geofizyczne lepiej dają się przystosować do warunków. Tu skierował więc Rudzki swą energię, zwłaszcza, że i skłonności i upodobania zwracały go więcej w tym kierunku. Obserwatorium astronomiczne prowadziło od szeregu lat pomiary magnetyczne, regularnie zaś od r. 1870 pod kierunkiem prof. Karlińskiego i doprowadziło te pomiary do r. 1900, po czem nastąpiła przerwa, wywołana śmiercią dra Wierzbickiego w r. 1901 i chorobą Karlińskiego. Oceniając wartość tych pomiarów i ich ciągłości, gdyż na ziemiach polskich tylko Kraków prowadził przez dłuższy okres czasu tak systematyczne pomiary, wznowił Rudzki w roku 1904 pomiary magnetyczne i wykonywał je bądź to sam, bądź to wyręczał się pracownikami obserwatorium. Drugim zadaniem, jakie wykonał, były pomiary siły ciężkości. Pomiary te zapomocą wahadeł Sternecka wykonał Rudzki w r. 1903 i 1904 w Krakowie, a następnie w r. 1904 w Kijowie, dla porówna-

nia zaś przyrzędów dr. Grabowski wyjechał do Wiednia i tam dokonał pomiarów. Najważniejszą jednak nowością, jaką wprowadził Rudzki w r. 1903 do obserwatorium, były wahadła horyzontalne do notowania trzęsień ziemi. Są to wogóle badania najnowszej daty, a ilość tych stacyj w r. 1903 była jeszcze bardzo nieznaczna. Jest to wielką jego zasługą, że wprowadził także do Krakowa stację seismiczną, uposażając ją w możliwie dobre, jak na owe czasy, wahadła. W ciągu następnego dziesięciolecia seismologia rozwinęła się bardzo. Rudzki zamierzał iść równoległe z tym postępem i, gdy przekonał się, że typ wahadeł, znajdujących się w obserwatorium, jest przestarzały, myślał o nabyciu wahadeł czulszych, aperyodycznych typu Golicyna, lecz brak środków nie pozwolił mu wprowadzić w życie tego zamiaru. O innych, drobniejszych przejawach działalności Rudzkiego na terenie obserwatorium astronomicznego nie będę już wspominał.

Natomiast chciałbym krótko powiedzieć o spuściźnie naukowej Rudzkiego. Zwróciliśmy się — pracownicy obserwatorium astronomicznego — do małżonki Zmarłego, p. Heleny Rudzkiej, z prośbą o ofiarowanie obserwatorium astronomicznemu wszystkich papierów, dotyczących prac naukowych Zmarłego. Powstałe w ten sposób archiwum prof. Rudzkiego będzie cenną pamiątką dla obserwatorium, z drugiej strony silniej zwiąże imię Jego z tym zakładem, którym kierował w ciągu lat kilkunastu. W spuściźnie tej mamy przede wszystkim zeszyty, obejmujące niezwykle starannie opracowane wykłady uniwersyteckie. Z wykładów tych powstały, jak wiadomo, książki następujące: „Astronomia teoretyczna“, dalej „Fizyka ziemi“, o której wartości powiem tylko tyle, że przetłómaczona na język niemiecki wybiła się odrazu na naczelne stanowisko w literaturze niemieckiej, wreszcie „Meteorologia“, którą Rudzki wykończył na wiosnę r. 1916, a którą obecnie drukuje Kasa im. Mianowskiego w Warszawie. Należy wyrazić wielki żal, że inne wykłady nie doczekały się wydania książkowego.

Oprócz zeszytów, dotyczących wykładów, pozostawił Rudzki prace swe w rękopisach. Są więc rękopisy prac już drukowanych, ale jednocześnie znaleźć można i prace nieogłoszone, które znajdują się w różnym stanie wykończenia.

Są wśród ostatnich i prace dawniejsze, jak n. p. praca geograficzna: „O północnym brzegu morza Czarnego i Azowskiego“, zdaje się, że wykończona; dalej praca geologiczna: „O zamieraniu lodowców“, składająca się z 21 kartek, zdaje się, że niezupełna. Jest większa rozprawa: „O prądach“ z dopiskiem, że krótki referat o tej pracy ukazał się w czasopiśmie „Beiträge zur Geophysik“. Jest szereg kartek, jakby szkic do większej pracy, pod tytułem ogólnym „badania geodezyjne“. Odczyt: „O budowie atmosfery“, wygłoszony w r. 1914, nie był drukowany, jak również i dwa odczyty „O słońcu“ z r. 1905, które, jak wskazuje dopisek, wogóle nie były wygłoszone. Poza tem znaleźć można szereg kartek, zawierających jakby szkice do prac. Takim szkicem są n. p. trzy kartki, zatytułowane „O kometach“, w których Rudzki porusza zagadnienia Tisseranda o przejściu komety w pobliżu większego ciała (planety), wychodzi nawet z równań Tisserand'a; jaką jednak miał myśl, tego z tych kartek wywnioskować nie można. Te drobne szkice świadczą dowodnie, jak ciągle umysł Rudzkiego pracował, jak wiele zagadnień podejmował i zastanawiał się nad niemi, jak szerokie horyzonty obejmował swym umysłem.

Jeśli mowa o spuściźnie prof. Rudzkiego, to niech mi wolno będzie wspomnieć jeszcze o jednym zeszycie, który dzięki uprzejmości p. Rudzkiej miałem możność przeczytać. Jest to pamiętnik, pisany w r. 1900 i uzupełniony w czasie wojny, a obejmujący lata dziecięce i młodzieńcze aż do ukończenia gimnazjum. Pamiętnik ten daje doskonałą charakterystykę ówczesnego społeczeństwa polskiego na Wołyniu i Podolu, wraz z szeregiem sylwetek typów oryginalnych, w jakie obfituje zwłaszcza prowincya. Dalej z pamiętnika tego przebija wielkie umiłowanie przyrody wołyńsko-podolskiej i odczucie piękna tej przyrody. Kto wie, czy to nie ta przyroda Wołynia i Podola wychowała późniejszego badacza przyrody, wszak i praca doktorska dotyczyła geologii Podola. Rudzki wychowywał się w Czernelówce nad Słuczą i o wspomnieniach z tego okresu czasu mówi z wielkiem rozrzewnieniem; tak pięknych dni letnich, jak tam, nigdzie i nigdy nie przeżywał. Ogromne, piękne stawy, w jakie obfitowała okolica Czernelówki, były stałem miejscem wypraw młodego chłopca, czy to



w towarzystwie starszego brata, czy rybaka Szymona, zwłaszcza ulubione były wycieczki nocne przy świetle księżycowem, a opis tych wypraw — to jeden hymn uwielbienia rodzinnej przyrody. To też dziwić się nie można, że Rudzki zawsze tęsknił za Wołyniem i Podolem; chwilami tęsknota ta zmniejszała się, aby potem odezwać się z większą siłą. „Właściwie tęsknota ta osłabła bardzo wyraźnie dopiero od wiosny 1903, gdy zamieszkałem w obserwatorium, w ogrodzie botanicznym; przerodziła się ona wtedy w ogólne, całej inteligencji XIX. i XX. wieku właściwe zamiłowanie przyrody. Jednak tęsknota za Podolem wróciła znowu w czasie wielkiej wojny w r. 1914, prześladowała mnie zarówno w Zakopanem, jak i w Pradze. Dawniej była to tęsknota dziecka za domem rodzinnym, później tęsknota człowieka, urodzonego wśród pól i lasów, a zmuszonego żyć w mieście“.

Wielki miłośnik przyrody i wielki przyrodnik całe swe życie poświęcił badaniu przyrody, starał się ją rozumieć i uczył innych, jak mają do tego dążyć.

Wł. Dziewulski.

#### VIII. ~~Maurycy~~ Maurycy Rudzki jako geofizyk.

Uniwersalny, wszechstronny umysł Rudzkiego obejmował ~~cały~~ szereg nauk specjalnych i w każdej z nich zdołał ~~być~~ zająć miejsce przodujące; najwięcej jednak pociągała go zawsze geofizyka, ją uważał za właściwą swoją specjalność i przez swe badania w tej ~~właśnie~~ dziedzinie zdobył sobie sławę europejską.

Zdaje się, że powodem tego nie były przypadkowe okoliczności, jak bieg studiów i wpływ profesorów uniwersyteckich (z pomiędzy których Suess i Stefan w Wiedniu większe na nim wywarli wrażenie); ~~lecz~~ istniała przyczyna głębsza. Geofizyka musiała najwięcej odpowiadać wrodzonym skłonnościom umysłu Rudzkiego. Wszak z jednej strony nauka ta zabarwiona jest całym czarem przyrody, ~~z drugiej~~ nie tej skarłowaciałej przyrody, jaką obserwujemy w naszych laboratoriach, muzeach i ogródkach, ale tej, która daje nam odczuwać całą swoją wielkość i potęgę w najwspanialszych swych zjawiskach, w górach, na morzu, przy trzęsieniu ziemi,

Przemówienie, wygłoszone w dn. 21. listopada 1916 r., na posiedzeniu Krakowskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Przyrodniczego im. Kopernika, odbytem ku uczczeniu pamięci M. P. Rudzkiego. Kosmos, tom XLI, 1916, str. 105 — 119.

~~Wstęp~~

w burzy. Tem geofizyka musiała nęcić Rudzkiego, tak wielkiego, fanatycznego miłośnika przyrody; z drugiej ~~zaś~~ strony ta właśnie nauka odpowiadała też najwybitniejszej właściwości umysłu Rudzkiego, jego dążeniu do matematycznej ścisłości w rozumowaniu.)

(Ta wrodzona, matematyczna ścisłość umysłu, ta skłonność do ~~skeptycyzmu~~ względem wszelkich spekulacyj nie dających się udowodnić z absolutną pewnością, były powodem, że nie zadowol<sup>nił</sup> się geografią i geologią, którym to naukom oddawał się początkowo: one skłoniły go do tego, że zapomocą ciężkiej pracy autodydaktycznej przyswoił sobie metody matematyki wyższej i fizyki teoretycznej i że oddał się z całym zapalem nauce, która stosuje ściśle metody rozumowania matematycznego ~~do~~ rozwiązywania największych problemów przyrody ziemskiej.

~~Takie~~ J na polu samej geofizyki Rudzki skłaniał się zawsze raczej do krytycznej analizy, do matematycznego kontrolowania i ostrożnego uzupełniania teorii istniejących, niż do budowania fantastycznych i nie dających się udowodnić hipotez, do czego i na tem polu tyle jest sposobności. Pozwolę sobie zacytować kilka charakterystycznych słów z artykułu *Rudzkiego* o geofizyce, który niebawem wyjdzie w druku w warszawskim Poradniku dla samouków<sup>1)</sup>.)

(„...Ilość hipotez, które stawiano w celu objaśnienia epoki lodowej, jest ogromna. Nie sądzę jednak, aby literatura ta była warta studyowania. Możliwych przyczyn epoki lodowej jest wiele, ale nie mamy przynajmniej dotychczas dostatecznego kryterjum, aby rozstrzygnąć, które z nich rzeczywiście ją spowodowały. Być może, że wśród licznych hipotez jest jakaś, która trafnie odgadła prawdę. Ale jak to sprawdzić? Gdy ktoś odgaduje przyszłość, to, jeżeli nie my sami, to nasi następcy będą mogli sprawdzić przepowiednię; ale gdy ktoś odgaduje przeszłość, to sprawdzenie jest absolutnie niemożliwe“.)

(Charakteryzuje to dobrze jego ~~skeptycyzm~~ i to nie tylko wobec powodzi teorii związanych z epoką lodową, ale wogóle wobec niesprawdzalnych hipotez. On wierzył tylko w to, co daje się matematycznie, ściśle udowodnić i także własne swe wysiłki w tę tylko stronę kierował.

<sup>1)</sup> Poradnik dla Samouków, 2., Warszawa 1917; Geofizyka, str. 387—409.

Z powodu tej ~~jego~~ ścisłości matematycznej, oraz z powodu trudności rzeczowych, nie łatwo ~~też~~ jest niespecjalistom wniknąć w jego badania i ocenić należycie doniosłość i piękność tych prac, dzięki którym Rudzki ~~(się wysunął)~~ na stanowisko pierwszorzędnej europejskiej powagi w zakresie swej nauki. Sądzę więc, że postąpię najlepiej, jeżeli nie będę się dzisiaj zapuszczał w szczegółowe roztrząsanie prac Rudzkiego, w analizę ich metod i wyników; ~~w zwłaszcza żeby i tak na to czasu nie starczyło~~ (tylko spróbuję dać ogólnikowy pogląd na rodzaj zagadnień, którymi najchętniej się zajmował.

Wymienię przedewszystkiem fundamentalny problem geofizyki: rozmiary i kształt kuli ziemskiej. Na pozór rzecz wydaje się prostą: systematyczne pomiary tryangulacyjne, metody geodetyczne dają nam poznać kształt powierzchni ziemi, odległości i wysokości wszystkich punktów z dowolną dokładnością; ~~ma~~ wydaje się, że nie ma tu wcale pola ~~do jakiejś~~ spekulacji. ~~A jednak, co to~~ <sup>znaczy</sup>, jeżeli mówi się n.p., że szczyt Giewont ~~u~~ wznosi się ~~na~~ 1.900 <sup>m</sup> ponad poziom morza? Wszak morze nie sięga aż do stóp Giewontu. Albo zatem wyobrażamy sobie powierzchnię morza przedłużoną wśród lądów (n.p. w głęboko wciętym kanale) aż pod sam Giewont i ~~okre-~~ <sup>próba-</sup> ~~jemy~~ <sup>myślemy</sup> jej pionowy odstęp do wierzchołka góry, albo też wyobrażamy sobie, że od szczytu góry wyznaczamy powierzchnię poziomu, wciąż zgodnie z ustawieniem libelli, aż ponad morze i tutaj mierzymy odstęp.

(Rzecz byłaby nadzwyczajnie prosta, gdyby powierzchnia morza była albo zupełnie płaska albo też ściśle kulista. Tymczasem jest to, dokładnie biorąc, powierzchnia o kształcie nadzwyczajnie zawiłym, wskutek nierównego rozkładu mas grawitacyjnych, naogół obniżona na oceanach, spiętrzona w sposób nieregularny ku brzegom kontynentów wskutek ~~przyciągania tychże~~. A jak pomyśleć sobie jej przedłużenie wśród kontynentów, to wskazać mogą tylko obliczenia teoretyczne, przy których w rachubę brać trzeba gęstość skał i kształt wzniesień kontynentalnych.)

(Powierzchnię taką, składającą się z powierzchni morza, oraz z jej obliczonych przedłużeń wśród lądów, nazywamy geoidą. Słynny uczony niemiecki Helmholtz podał sposób obliczania tej powierzchni, t. zw. metodę kondensacji; Rudzki

nie

18 ark  
↓ jednok

rich



zaś wymyślił metodę inną<sup>1)</sup>, pod pewnymi względami doskonałą, opartą na założeniu, że powierzchnia geoidy pozostaje powierzchnią jednakowego potencjału grawitacyjnego, metodę która powinna jeszcze znaleźć wielkie zastosowanie w geodezji wyższej.

Rozumiemy też, że kwestyje te łączą się ściśle z problemem układu ciężkości na powierzchni ziemi, a zwłaszcza jej redukcji do poziomu morza i jej anomalij lokalnych, zagadnieniem, z którego wyrosła słynna teoria izostazji Pratt'a, do której w dalszym ciągu jeszcze powrócimy. Rudzki sam, wspólnie z ówczesnym asystentem drem L. Grabowskim, wykonał w roku 1902 także precyzyjny pomiar siły ciężkości w Krakowie i znalazł liczbę  $g = 981.071$ , prawie identyczną z liczbą dawniej znalezioną przez L. Birkenmajera.

Przejdźmy do innego działu, do ulubionych badań<sup>2)</sup>

Rudzkiego, w (zakresie których) zasłynął jako właściwy specjalista: do seismologii. Jest to może istotnie najciekawsza część geofizyki, już z tego powodu, że trzęsienia ziemi są najwłaściwszym materiałem doświadczalnym do poznania budowy

<sup>1</sup> Sur la détermination de la figure de la Terre d'après les mesures de la gravité. Bull. Astron. 22, str. 49—76 (1905).

(Siła ciężkości w Krakowie, S. Francisco i Dehra Dun. Bull. Ac. Cracovie, 1907, str. 937—958 i 1081.

<sup>2</sup> O rozchodzeniu się drgań podczas trzęsień ziemi. Rozpr. Ak. Krakowie 33, str. 348—376, (1898).

O kształcie fali sprężystej w pokładach ziemskich. Rozpr. Ak. Krakowie 33, str. 377—397, (1898).

O pewnem zjawisku podobnem do dyspersji optycznej. Rozpr. Ak. Krak. 36, str. 115—126, (1898).

O kształcie fali sprężystej w pokładach ziemskich. Rozpr. Akad. Krak. 39, str. 143—157, (1900).

Parametrische Darstellung der elastischen Welle in anisotropen Medien. Bull. Ac. Crac. 1911, str. 503—536.

Sur la propagation de l'onde élastique superficielle. Bull. Ac. Crac. 1912, str. 47—58.

Essai d'application du principe de Fermat aux milieux anisotropes. Bull. Ac. Crac. 1913, str. 241—253.

Ausgleichsfläche u. Erdbérentiefe. Die Naturwissenschaften. 1913, str. 406—407.

Über die Theorie d. Erdbebenwellen. Die Naturwissenschaften. 1915.

Über die Tiefe des Herdes des Erdbebens in Calabrien am 8. Sept. 1905. Bull. Ac. Crac. 1907, str. 40—44.

wnętrza ziemi. Chcąc poznać zawartość albo strukturę ~~jakię~~  
~~goś~~ ciała przezroczystego, prześwietlamy je, czyli przesyłamy  
przez nie fale świetlne i obserwujemy przebieg promieni świetl-  
nych. Podobnie <sup>możemy</sup> ~~musimy~~ zrozumieć, że sposób, jak fale elasty-  
czne, fale trzęsienia ziemi, przechodzą przez ~~ziemię~~ <sup>ziemię</sup>, daje  
nam najwyraźniejsze wskazówki o wewnętrznym jej stanie.

Doświadczeń takich oczywiście nie możemy robić umyśl-  
nie, dowolnie; ~~tylko~~ musimy czekać, aż nadarzy się sposobność  
obserwowania trzęsienia ziemi. Na szczęście dosyć ku temu jest  
okazyj; ~~gdyż~~ obliczono, że na rok przypada mniej więcej 30.000  
~~takich~~ trzęsień ziemi na całej kuli ziemskiej, przeważnie ~~na~~  
~~turalnie~~ lekkich drgnień, niedostrzegalnych dla laika, ale da-  
jących się zanotować przez ~~nasze~~ dzisiejsze przyrządy. Nie  
brak zatem materiału doświadczalnego, zwłaszcza, że istnieje  
obecnie przeszło 100 stacyj samozapisujących i chodzi tylko  
o umiejętne opracowanie, zanalizowanie i objaśnienie rezulta-  
tów tą drogą zdobytych.

Przypomnijmy sobie najprzód zasadnicze fakty z zakresu  
fizyki doświadczalnej, odnośnie do zjawisk sprężystości. Wia-  
domo, że gazy i ciecze <sup>posiadają</sup> wyłącznie sprężystość obję-  
tościową, nie ~~wykazują~~ zaś żadnej sztywności postaciowej;  
zgodnie z tem mogą się w nich rozchodzić tylko fale dyla-  
tacyjne, czyli podłużne, które jako fale głosowe są dostrze-  
galne dla naszego słuchu. Ciała stałe izotropowe natomiast po-  
siadają dwa <sup>spółczynniki</sup> sprężystości, charakteryzujące sprę-  
żystość objętościową i ~~także~~ sprężystość postaci; ~~#~~ wskutek  
tego przez ciała stałe przechodzić mogą dwa rodzaje fal sprę-  
żystych: takie same fale podłużne jak w płynach, ~~#~~ oprócz  
nich także nieco powolniejsze fale poprzeczne, czyli torsyjne,  
w których cząstki drgają poprzecznie do kierunku rozchodze-  
nia się fali.

<sup>wykazali</sup>  
~~Wreszcie wykazali~~ Lord Rayleigh i Lamb, że wzdłuż  
powierzchni ciała stałego jeszcze trzeci rodzaj fal może się  
rozchodzić (~~isto~~ z jeszcze mniejszą prędkością niż poprzednio  
wymienione fale), którego mechanizm przypomina poniekąd  
sposób, jak fale wodne postępują wzdłuż powierzchni wody,  
z tą jednak różnicą, że mechanizm ten polega na siłach sprę-  
żystości, nie zaś grawitacji.

Okazują

115

*km węgier antykwa*

~~Stąd~~ <sup>A</sup> Analiza seismogramów wykazała, że przy rozchodzeniu się trzęsienia ziemi ~~z jakiegoś punktu~~ na ogół właśnie te trzy rodzaje fal (się dają) zauważyć. Najszybciej postępują fale podłużne, z prędkością 7 km, a w głębiach ziemi 12 km na sekundę; za nimi, rozchodząc się z mniejszą prędkością, koło 4 km na powierzchni, a 7 km w głębi, idą fale poprzeczne; wreszcie przybywają fale Rayleigha, postępujące wzdłuż powierzchni ziemi, więc po stosunkowo dłuższej drodze, z prędkością 3—4 km.)

(Seismograf zakreśla zatem na przesuwającej się taśmie papieru diagram (ryc. 1.), w którym zazwyczaj dają się rozróż-



Ryf. 1.

nić owe trzy rodzaje fal, jako trzy charakterystyczne fazy: t. zw. faza wstępna pierwsza (I) i druga (II), oraz faza główna (III). Ta ostatnia odznacza się największymi amplitudami. Po niej następuje jeszcze t. zw. ogon (IV), fale stopniowo zanikające o stosunkowo długim okresie, które porównać można <sup>do</sup> z owymi przeciągłymi ~~odgłosami~~ <sup>odgłosami</sup> grzmienia, jakie następują po właściwym huku grzmotowym. Z odstępów czasu między temi różnemi fazami (zwłaszcza I—II) można ~~nawet~~ <sup>nawet</sup> zapomocą pewnych reguł empirycznych ocenić dość dokładnie odległość, z której pochodzi trzęsienie ziemi, podobnie jak możemy obliczyć odległość piorunu z przeciągu czasu między zabłysnięciem a dojściem głosu do ucha.

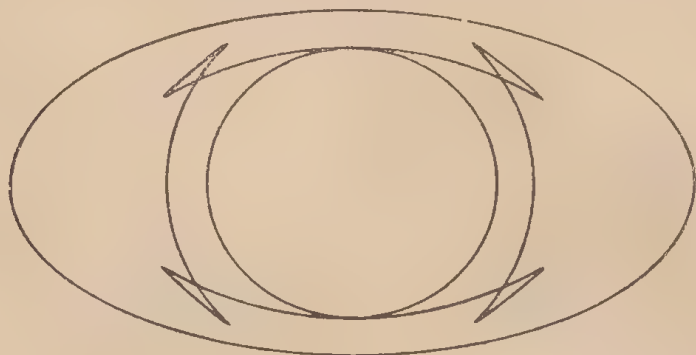
*Taka* ~~To~~ jest teoria przyjęta przez dzisiejszą seismologję. Badania ~~Rudzkiego~~ <sup>Rudzkiego</sup> na tem tle odnosiły się w szczególności do dwóch zagadnień. Zauważył ~~przedewszystkiem~~ <sup>przedewszystkiem</sup>, że skały, z których (się składa) zewnętrzna skorupa ziemi, zazwyczaj nie są to ciała równokierunkowe, lecz, jak łupki, gneisy, a także wiele granitów, posiadają strukturę różnokierunkową, anizotropową. Wskutek ciśnienia jednostronnego, któremu te materiały podlegały, ~~przyjęły~~ <sup>przyjęły</sup> one inne właściwości sprężyste w kierunkach stycznych do pewnej płaszczyzny symetrii, || inne

*Przybrały*

*h 116*



w kierunku prostopadłym do niej. ~~Stąd~~ Rudzki dowodzi za-  
pomocą subtelnej analizy matematycznej, że w takim ośrodku  
powstają na ogół nie tylko dwie różne fale, podłużna i po-  
przeczna, jak w ciałach izotropowych, ale trzy fale o chara-  
kterze mieszanym podłużno-poprzecznym. Ze źródła zaburzenia  
rozchodzą się zatem trzy wstrząśnienia, z prędkościami różnymi  
w różnych kierunkach przestrzeni, które dają się przedstawić  
graficznie zapomocą wykresu t. zw. powierzchni falowej (ryc. 2.),



Ryc. 2.

złożonej w tym wypadku z elipsoidy, <sup>2/</sup>powierzchni owalnej,  
oraz <sup>3/</sup>trzeciej powierzchni o kształcie bardzo zawiłym (powierz-  
chni dwunastego stopnia).

zajmujące ciekawe (Przypomina to nieco teorię podwójnego załamania  
w optyce, ale stosunki są tu jeszcze o wiele zawilsze. Bardzo  
według których na granicy takich ośrodków powinno się od-  
bywać [załamanie fal, jeżeli i w tym przypadku ważną pozo-  
staje znana w optyce zasada Fermata (zasada optycznie naj-  
krótszej drogi).

Badania Rudzkiego stanowiłyby zupełny przewrót, zu-  
pełną rewolucję w poglądach na seismologję, gdyby istotnie  
całą kulę ziemską należało uważać za złożoną z takich mate-  
ryałów różnokierunkowych. Rudzki sam jednak zauważa, że  
to odnosi się zapewne tylko do zewnętrznych warstw, aż do  
głębokości jakich 100—120 km, w których istnieją silne napię-  
cia styczne, że natomiast wewnątrz ziemi, tj. pozostała 6.270 km,

117  
km antykwa

zapewne uważać można za materiał przybliżenie równokierunkowy. ~~Tak~~ *Owe* zjawiska ~~prawdopodobnie~~ *prawdopodobnie* większą rolę ~~odgrywają~~ *odgrywają* tylko w zewnętrznych warstwach ziemi, tu zaś mogą tłumaczyć pewne osobliwości seismogramów, zwłaszcza odnośnie do fazy I. i II., (np. wielokrotne powtarzanie się wstrząśnięć) ~~w których bliższe omawianie na tem miejscu już wchodzić nie będziemy.~~

Dlaczego ~~zad~~ przypuszczamy, że tylko ~~one~~ zewnętrzne warstwy ziemi posiadają strukturę anizotropową? Przypuszczenie to opieramy na tem, że niewątpliwie w nich właśnie muszą występować największe nierówności ciśnień w różnych kierunkach, podczas gdy w głębszych warstwach ciśnienie prawdopodobnie rozchodzi się w ten sam sposób jak w cieczach, jako ciśnienie hydrostatyczne. Dowodem tego jest sam fakt, że źródło trzęsień ziemi, t. zw. hypocentrum, leży zazwyczaj w bardzo niewielkiej głębokości pod powierzchnią ziemi; ~~to~~ *to* jest również ważnym wynikiem badań Rudzkiego. Podał on wzór teoretyczny, na (podstawie którego) obliczyć można głębokość ogniska trzęsienia ziemi z czasów, w których fala trzęsienia osiąga różne punkty na powierzchni położone <sup>1)</sup>.

(Tak obliczył n. p. dla trzęsienia ziemi w Kalabrii (1905)  $h = 7 \text{ km}$ ; dla trzęsienia ziemi w S. Francisco (1906)  $h = 16 - 32 \text{ km}$ .)

(Podobnie w wielu innych wypadkach otrzymywano zawsze głębokości mniejsze niż  $120 \text{ km}$ .)

Rozumiemy to przyjmując, zgodnie z innymi faktami z dziedziny anomalij ciężkości, zgodnie z opinią Helmherta i Hayforda, że liczba  $120 \text{ km}$  cechuje głębokość, poniżej której już nie sięgają zakłócające równowagę wpływy zewnętrznych ciśnień, spowodowanych bądź to ~~kurczeniem~~ *kurczeniem* się ~~ciężkości~~ *ciężkości*

*[ przez*

*// leżących*

*[ dla*

*[ pewnym*

<sup>1)</sup> Zrozumiemy możliwość takiego obliczenia, zważając, że fale kuliste pochodzące z ~~jakiś~~ ogniska w głębi ~~muszą~~ *muszą* wstrząsnąć prawie równocześnie całym ~~obszarem~~ *obszarem* leżącym powyżej ogniska na powierzchni ziemi; prędkość rozchodzenia się wzdłuż powierzchni jest zatem największa (nie skończenie wielka) dla epicentrum, t. j. [punktu powierzchni położonego powyżej ogniska, ~~tak samo też dla punktu diametralnie przeciwnego;~~ *natomiast musi* osiągnąć pewną wartość minimalną w jakiś punkcie pośrednim. Odległość ~~tego~~ punktu, gdzie prędkość rozchodzenia jest minimalna, od epicentrum widocznie musi zależeć od głębokości ogniska; ~~znajomość jej~~ *znajomość jej* posłużyć może do wyznaczenia ~~tego~~

*jej*

118

mez

[muszą mieć

ziemi, bądź to ~~zjawiska~~ geologiczne lub meteorologiczne. Ten zaś fakt tłumaczy się łatwo, zważywszy, że głębsze warstwy, podlegające temperaturom wysokim i ciśnieniom niezmiernym, ~~znacznie~~ <sup>znacznie</sup> większy ~~posiadać muszą~~ stopień plastyczności niż zewnętrzne i że z tego ~~ten~~ powodu nierówności ciśnień, jeżeli wogóle w nich powstaną, o wiele szybciej muszą się wyrównać.

Tym sposobem wyjaśniają się wyniki co do wewnętrznego stanu ziemi, otrzymane różnemi drogami wnioskowania. Z jednej strony seismologia zmusza nas do przyjęcia, że ~~cała~~ wnętrze kuli ziemskiej posiada właściwości ciała stałego sprężystego, inaczej fale poprzeczne byłyby wogóle niemożliwe. Dowodzą tego również pewne fakty z teorii przyływu i odpływu morza oraz obliczenia wahań osi obrotu w ~~całej~~ ziemi (t. zw. wahania szerokości geograficznej), którym Rudzki ~~także~~ poświęcił ~~jedno~~ <sup>jedno</sup> studjum<sup>1)</sup> nadzwyczaj głębokie, swego czasu nagrodzone przez ~~Akademję~~ <sup>Akademję</sup> ~~Wiedzy~~ <sup>Wiedzy</sup>.

[Polską

[Umiejętności

wodujące

Z drugiej jednak strony widzimy, że siły tektoniczne, powodujące trzęsienia ziemi, oraz procesy górotwórcze, ograniczają się do zewnętrznych warstw kilkudziesięciu, najwyżej 120 kilometrów grubości; skorupa ta spoczywa na głębszych warstwach o wyższym stopniu plastyczności, które zachowują się wobec nagłych, krótkotrwałych wstrząśnień jak ciało stałe, siłom wiekowym natomiast, górotwórczym, poddają się podobnie jak masa ciekło-plastyczna.

Do ~~to~~ <sup>tej</sup> prowadzi nas ~~to~~ <sup>do</sup> teorii izostazji, pochodzącej od Airy'ego, Pratt'a, Duttona, ku której i Rudzki się skłaniał, zwłaszcza w późniejszych czasach, bardzo wyraźnie. Według tej teorii lądy i oceany tworzą na ogół, z grubsza, system równowagi hydrostatycznej: góry wzniosły się, gdyż składają się z materiałów lżejszych, pływających jak bryły lodu na wodzie, głębiny zaś wytworzyły się tam, gdzie skorupa składa się z materiału ~~x~~ większej gęstości. Nie mogę wchodzić w omawianie pomiarów anomalij ciężkości, które stanowią najsilniejszy (argument bezpośredni) przemawiający za tą

<sup>1)</sup> Teoria fizycznego stanu kuli ziemskiej. Rozpr. Akad. Krak. 37, str. 225—421 (1900).

P. Um. w. me



wymagającym)

teorią, ale wspomnę o ciekawym bardzo (przyczynku Rudzkiego<sup>1)</sup> do tej kwestyi.)

Oparł się on na fakcie, że w Szwecji i Norwegji znaleziono dowody, iż morze podczas epoki lodowej sięgało znacznie wyżej niż obecnie; ~~+~~ w zewnętrznych częściach Skandynawji do 280 m ponad poziom dzisiejszy; ~~+~~ albo może raczej, iż ląd wówczas o tyle leżał niżej niż dzisiaj. Jako powodu tego zjawiska można się domyślać ciężaru powłoki lodowej, która wówczas pokrywała olbrzymie obszary kontynentu europejskiego i amerykańskiego i musiała wywołać zgniecenie i przytłoczenie odnośnych warstw skorupy ziemskiej. ~~Obliczenia~~ Obliczenia Rudzkiego wykazały, że, przypisując ziemi właściwości stałego ciała sprężystego ~~trzeba by~~ przyjąć, dla wywołania takiej różnicy poziomu, jaką w Skandynawii zauważono, że powłoka lodowa w owych stronach posiadała grubość 7 kilometrów. Przyjmując natomiast, że zewnętrzne warstwy unoszą się na pokładzie plastycznym, że uginają się pod ciężarem lodu i wznoszą się znów po jego stopieniu ~~tak~~, jak tego wymaga hydrostatyczna teoria izostazji, Rudzki wyliczył, że do osiągnięcia owego skutku wystarczyłoby pokrycie płaszczem lodowym o grubości 933 metrów, ~~+~~ co uznać trzeba, w przeciwieństwie do pierwszej ewentualności, za liczbę zupełnie możliwą i prawdopodobną, uprzyatniając sobie stosunki dzisiaj panujące w Grenlandji.)

711 119

Przynależałyby

Oczywiście nie możemy (sobie wyobrażać tych głębszych pokładów ziemi jako masy płynnej jak woda, ~~o czem już wspomnieć~~ lecz jako masę plastyczną, pomału (się poddającą) wpływom zewnętrznym i bardzo powoli znów po ich ustąpieniu powracającą do stanu poprzedniego. Zgodnie z tem tłumaczy się ~~+~~ fakt, że skutki zjawisk ~~właśnie~~ omawianych i dzisiaj jeszcze trwają. Według Penccka, od czasu maksymalnego zlodowacenia półkuli północnej minęło około 30—40.000

<sup>1)</sup> Odształcanie się ziemi pod ciężarem wielkich lodowców. Rozpr. Ak. Krak. <sup>37</sup>, str. 176—224 (1900).

(Dalsze badania nad odształcaniem ziemi pod ciężarem wielkich lodowców. Wpływ ciężaru wielkich lodowców. Rozpr. Ak. <sup>39</sup>, str. 109—136 (1902).

(Deformationen der Erde während der Eiszeit. Zeitschr. f. Gletscherkunde 1, str. 182—192 (1906).

P. Y Um.w

Um.w

te/

bardziej

lat. Lody ~~o~~ już dawno stopniały, Skandynawja wynurzyła się po ich ustąpieniu do dziś dnia o 280 m w swych częściach środkowych, ale zjawisko ~~to~~ jeszcze nie ustało i ląd coraz ~~więcej~~ ~~się~~ (się wynurza) w sposób dostrzegalny według różnych oznak wyraźnych. Jeszcze wyraźniej występuje to zjawisko w Ameryce północnej, gdzie północna Kanada, okolice zatoki Hudsona, tak szybko się wznoszą, że według zdania niektórych geologów amerykańskich za parę ~~set~~ lat miasto Chicago, leżące na południowym brzegu jeziora Michigan, będzie trzeba chronić tamami od zalania, a za 2.000 lat jezioro to już nie będzie odpływało ku wschodowi i do St. Lawrence River, lecz na południe do Mississippa.

L. Zajmujemy

Weszliśmy na teren spekulacji o przeszłości ziemi i o trwaniu epok geologicznych; ~~z~~ tem samem zbliżyliśmy się do słynnego zagadnienia t. zw. wieku ziemi, które niegdyś w tak śmiały i genialny sposób Lord Kelvin opracował i któremu także Rudzki poświęcił pracę bardzo ciekawą<sup>1)</sup>. Rudzki, podobnie jak Lord Kelvin, oparł ~~swoje~~ rachunki na założeniu, że ziemia stygnie wskutek ciągłej ~~straty~~ straty ciepła: ale zamiast pewnych ~~hypotetycznych~~ hipotez Kelvina wprowadził empiryczną podstawę do ~~swych~~ obliczeń, ~~i~~ mianowicie skurczenie powierzchni ziemi spowodowane tem stygnięciem.

(Wyobrażając sobie wyprostowane warstwy epoki sylurskiej wraz z wszystkimi fałdami gór, wyrachował na podstawie danych geologicznych, że zajmowały wówczas powierzchnię większą o blisko 8 milionów  $km^2$  (t. j. <sup>o</sup>powierzchnią Europy) niż dzisiejsza powierzchnia ziemi. Aby ~~nie~~ takie nastąpiło skurczenie, według jego rachunku musiał upłynąć czas, który oceniał — od syluru do dziś dnia — na 139 ~~do~~ 486 milionów lat, zależnie od dobrania pewnych współczynników niedokładnie znanych. Lord Kelvin, jak wiadomo, na tak zw. wiek ziemi otrzymał liczbę 40—100 milionów lat; ~~i~~ można to było uważać za pewnego rodzaju zgodność co do rzędu wielkości, umacniającą ~~nasze~~ zaufanie do tych spekulacji.)

(Tymczasem dzisiaj straciły one wszelką podstawę, ~~a to~~ wskutek odkrycia substancji promieniotwórczych, które już ~~obalilo~~ ~~tylko~~ ~~tradycję~~ ~~uświęconych~~ ~~teoryj~~, niemal dogmatów,

<sup>1)</sup> O wieku ziemi. Rozpr. Ak. Krak. <sup>owic</sup> 41, str. 96—133 (1901).

Um.w

w ~~zakresie fizyki i chemii~~. Substancje te wywiązują bezustannie ciepło, a ilość ich jest wprawdzie minimalna, rzędu  $10^{-12}$  grama na centymetr ~~kubiczny~~; ~~ale~~ mimo to ilość ciepła wytworzonego w ~~całej~~ kuli ziemskiej byłaby tak kolosalna ~~pod~~ *W* założeniu ~~ta~~, że całe wnętrze zawiera ten sam procent substancji promieniotwórczej jak zewnętrzne warstwy, że przewyższałoby daleko wszelkie straty ciepła, których ziemia doznaje wskutek promieniowania ~~na~~ *z*ewnątrz. Nie wiemy oczywiście, czy owe substancje znajdują się też w głębiach ziemi; ~~ale~~ w każdym razie rozumiemy, że jest dzisiaj rzeczą wątpliwą, czy ziemia wogóle stygnie, czy może przeciwnie ~~się~~ *ogrzewa*; ~~z~~ *z* tem samym ~~względnie~~ spekulacje oparte na owej hipotezie straciły ~~rację~~ *bytu*.

Rudzki sam przyznaje to w pięknym artykule <sup>1)</sup>, przed trzema laty napisanym, wskazując w zamian inne zupełnie metody oznaczenia wieku ziemi, jakie wyłoniły się właśnie z badań transformacji promieniotwórczych. Wiedząc, z jaką szybkością z materji promieniotwórczej ~~się~~ *wywiązują* hel ~~i~~, oraz znając zawartość helu i substancji promieniotwórczych w różnych minerałach, posiadamy klucz do ocenienia ~~wieku~~ *ich* ~~tychże~~ i tym sposobem Strutt ~~znaczą~~ dla wieku różnych formacji geologicznych liczby w następującej tabliczce zestawione. Inna metoda tego rodzaju, zastosowana przez Holmesa, opierająca się na szybkości transformacji uranu w ołów i na stosunku tych dwóch pierwiastków w różnych minerałach, dała liczby tego samego rzędu wielkości.

*Trzema lat*

121

Strutt (hel ~~i~~):

oligocen	8 mil. lat
eocen	31 " "
wapień węglowy	150 " "
archaiczna f.	710 " "

Holmes (ołów i uran):

węglowa f.	340 mil. lat
sylur	430 " "
archaiczna f.	1.025—1.640 <i>mil. lat.</i>

~~Tak zatem~~ *Mimo* zasadniczej różnicy w metodzie wnioskowania ~~dziwnym trafem~~ *(znów dochodzimy)* do wniosku nie odbiegającego zbytnio co do rzędu wielkości od wyniku poprzednich spekulacji, mianowicie, że t. zw. wiek ziemi może ~~się~~ *liczyć* na setki, a może na tysiące milionów lat.

<sup>1)</sup> L'Âge de la Terre. Scientia 13, str. 161—173 (1913).



Wspomniałem dotychczas tylko o głównych tematach badań Rudzkiego z zakresu właściwej geofizyki, powiązanych w pewnego rodzaju logiczną całość ogólnem swem znaczeniem dla teorii fizycznego stanu kuli ziemskiej. Oprócz nich Rudzki dał nam ~~jednak~~ jeszcze ~~cały~~ szereg ważnych i ciekawych przyczynków do różnych innych kwestyj, wchodzących w zakres właściwej mechaniki, hydrodynamiki i fizyki atmosfery.

~~Między innemi np.~~ W studjum <sup>1)</sup> o ruchu wahadła poziomego uzupełnił odnośną matematyczną teorię, wykazując pewne zasadnicze wady tego przez geofizyków tak cenionego przyrządu. W innej pracy <sup>2)</sup>, łączącej się z badaniami ~~o~~ nad falami trzęsień ziemi, rozwinął teorię drgań prętów wyciętych z różnokierunkowego materiału (gneis, łupek i t. p.) a tem samem podał sposób określenia współczynników sprężystości takich ciał.

122  
(W zakres hydrodynamiki ~~w~~ wchodziły dwie ważne prace <sup>3)</sup>, w których krytykował Helmholtza teorię fal wodnych i udowodnił, że postępowe fale niewirowe nie mogą istnieć bez równoczesnego prądu postępowego. Teoretycznie interesująca jest dalej praca <sup>4)</sup>, w której bada mechanizm przewodzenia ciepła w płynącej masie cieczy (w rzece lub prądzie morskim). W innej rozprawie <sup>5)</sup> roztrząsa pewne problemy kosmogoniczne: analizuje układ atmosfery na wirującym ciele niebieskiem, oraz wyjaśnia kwestję rozkładu temperatury wewnątrz takiej gazowej masy, żywo dyskutowaną ~~swego czasu~~ przez uczonych amerykańskich (L. See i inni). Mniejszy, ale ciekawy przyczynek do fizyki atmosfery <sup>6)</sup> stanowi obliczenie współczynnika promieniowania cieplnego dla powietrza.

<sup>1)</sup> Über die Bewegung des Horizontalpendels. Beitr. z. Geophysik 6, str. 138—155 (1903).

<sup>2)</sup> Über d. Bestimmung dynamischer Elastizitätskonstanten. D. Erdbebenwarte 7, (1908).

<sup>3)</sup> Przyczynek do teorii fal. Rozpr. <sup>P. Ak. Um. w.</sup> Krak. 29, str. 399—403 (1895).  
Przyczynek do teorii fal niewirowych. Rozpr. <sup>P. Ak. Um. w.</sup> Krak. 30, str. 393—403 (1896).

<sup>4)</sup> Über d. Wärmeleitung in einem Strome. Beitr. z. Geophysik 13, str. 338—347 (1914).

<sup>5)</sup> O prawie rozkładu temperatury wewnątrz gazowego ciała niebieskiego. Prace mat. fiz. 13, str. 341—351.

<sup>6)</sup> Von der Strahlung der Luft. Meteorol. Zeitschr. 1913, str. 458—459.

*bardziej*

Nie wchodzimy ~~już~~ w analizę artykułów treści ~~więcej~~ popularnej z zakresu geofizyki i meteorologii lub licznych (i nieraz cennymi uwagami wzbogaconych) referatów, jakie ogłaszał ~~on~~ w Naturwissenschaften, Erdbebenwerte i innych czasopi-smach)

(Wspomnieć ~~jednak~~ wypada jeszcze o dwóch ~~jego~~ dziełach<sup>1)</sup>, w których ~~całokształt~~ tej nauki przedstawił w sposób prawdziwie mistrzowski, o „Fizyce Ziemi“, która wyszła w r. 1909 w języku polskim, a w r. 1911 w uzupełnionem wydaniu niemieckiem, oraz o podręczniku meteorologii, który, ukończony przed wojną, obecnie po śmierci autora wychodzi drukiem w Warszawie. „Fizyka Ziemi“ jest dziełem naukowem ~~na~~ wskrós oryginalnem, może jedynem w całej literaturze światowej, w którem znaleźć można wyłożoną systematycznie, gruntownie i zgodnie z obecnym stanem nauki całą fizykę lito- i hydrosfery; dla specjalistów ~~nie~~ tem jest ~~ciekawem~~, że własne badania autora w odpowiedni sposób ~~w~~ niem zostały uwzględnione.

*L Rudzki*

Podręcznik meteorologii ~~nie~~, jakkolwiek pisany przystępnie, bez ~~ciężkiego~~ aparatu matematycznego, pod pewnym względem ~~również stoi~~ na poziomie ~~naukowym~~ znacznie wyższym niż podobne dzieła zagraniczne, ~~mianowicie tem, że~~ meteorologia nie występuje w nim jako zbiór statystycznych reguł empirycznych, ~~tylko~~ przybiera postać, o ile to możliwe, w dzisiejszym stanie wiedzy, nauki o fizyce atmosfery. ~~to~~ jest oczywiście kierunek, w którym ta nauka dzisiaj się rozwija i w którym postępując, kiedyś stanie się gałęzią nauk ścisłych, równorzędną z innymi działami geofizyki.

*/wazniejsze*

*Przeważa*

*↓ lecz*

*Taki mi*

Jeżeli na koniec jeszcze raz uprzytomnimy sobie całą działalność Rudzkiego na polu geofizyki, uznać musimy, że plon jego pracy był wielki, jak wielkie były problemy, które sobie stawiał. ~~Przy~~ Przy bliższem studyowaniu jego dzieł potęguje się wrażenie głębokiej czi dla umysłu, którego właściwą, najgłębszą sprężyną było bezwzględne, fanatyczne zamiłowanie prawdy. Ono było powodem jego nieufności względem ryzykownych hipotez, jego przenikliwego krytycyzmu

*r. Um. w*

<sup>1)</sup> Fizyka ziemi. Kraków 1909. S. XI + 538 (Nakł. Ak. Krakowie)  
Physik der Erde. Leipzig 1911. S. VIII + 584 (Tauchnitz).  
Zasady meteorologii. Nakł. Kasy im. Mianowskiego. Warszawa.

względem siebie i innych, jego ścisłości w rozumowaniu, ono było źródłem jego pomysłów naukowych.

*M. Smoluchowski.*

### **Maurycy Rudzki jako matematyk.**

(dotąd)

Najważniejszą, uderzającą odrazu cechą działalności naukowej profesora Rudzkiego była niepospolita wielostronność jego twórczej pracy. Wzbogacił cennymi pomysłami matematykę, fizykę, astronomię, geofizykę, geologię, geografę, będąc w tych wszystkich naukach par excellence teoretykiem o charakterze wybitnie matematycznym. Jako typ uczonego przypominał z tych powodów Poincaré'go. To też ocenę działalności matematycznej Rudzkiego można poprzedzić słowami, które o Poincaré'm wypowiedział astronom G. Darwin na kongresie matematyków w Cambridge (1912): „Odczuwam żywo, jak wybitnym był człowiekiem, gdy uprzytamniam sobie, że chociaż zaledwie jestem w stanie w zupełności ocenić połowę jego dzieła, to jednak wydaje mi się być gwiazdą pierwszej wielkości“.

Obdarzony niepospolitą bystrością umysłu i zmysłem krytycznym, nadzwyczajnym darem oryentowania się w kwestyach zawiłych i wielką pomysłowością poddawał Rudzki krytyce teorie budowane przez różnych uczonych, zastępując je nowymi wytwornymi teoryami. Niepospolita erudycja matematyczna i szczególna zdolność stosowania najtrudniejszych środków analizy matematycznej współczesnej do problemów, którymi się zajmował, pozwalały mu wynajdywać nowe metody badania zagadnień przyrody. Doprowadzało go to do czyści matematycznych, bardzo ciekawych i trudnych zagadnień, którymi się też specjalnie obok właściwych swych badań zajmował.

Ze szczególnem umiłowaniem poświęcał się Rudzki problemom fizyki ziemi. Zjawiska fizyczne odbywające się czy to we wnętrzu ziemi, czy też na jej powierzchni, na lądzie stałym i na oceanach, czy też w oceanie powietrznym i tak samo zjawiska, które tu się niegdyś rozgrywały, ujmował w szatę fizyki matematycznej, traktując problemy o pierwszorzędnem znaczeniu dla nauk matematycznych, problemy czyści analityczne i geometryczne, problemy mechaniki, teorii



rozchodzenia się ciepła, teorii sprężystości, hydrodynamiki, optyki. W problemach tych główną rolę odgrywa badanie pewnych równań różniczkowych cząstkowych. Nie chodzi tu przytem zwykle o najogólniejsze całki tych równań, tj. funkcyje spełniające te równania dla najogólniejszych danych warunków, ale raczej o badanie pewnych specjalnych kategorii funkcyj. Mianowicie z natury rzeczy ciała, któremi się te badania zajmują, mają kształt prosty: kuli, elipsoidy, a funkcyje które tu występują są to specjalne kategorie funkcyj, związane z temi figurami: funkcyje kuliste, funkcyje elipsoidalne (Lamé'go). To też teoria i zastosowania tych kategorii funkcyj stanowią treść znacznej części prac Rudzkiego.

1. Jak bogatą była wiedza matematyczna Rudzkiego, jak niezwykłymi i najbardziej nowożytnymi zawsze rozporządzał środkami analizy, tego najlepszym dowodem jest traktowanie problemu odkształcenia ziemi w epoce lodowej pod ciężarem wielkich lodowców. Wiadomo, że w epoce lodowej w północnej Europie poziom morza względnie do otaczających go kontynentów był wyższy, aniżeli dzisiaj i różnica dochodzi miejscami aż do 2.000 stóp. Jamieson postawił hipotezę deformacyi ziemi pod wpływem ciężaru wielkich lodowców. Rudzki rozwija matematyczną teorię tego zjawiska w dwóch pracach<sup>1)</sup>, ogłoszonych w Rozprawach Akademii Umiejętności krakowskiej.

Ziemia uważana jest jako kula doskonale sprężysta, izotropowa i jednorodna, na której powierzchni panują dane ciśnienia i której oba współczynniki sprężystości mają mniej więcej te same wartości, jak dla stali. Ciśnienia te można rozwinąć w szereg funkcyj kulistych powierzchniowych

$$(1) \quad p = \sum p_i$$

i wówczas otrzymuje się zmianę  $\Delta r$  promienia ziemskiego również w kształcie szeregu funkcyj kulistych. Ale skutkiem powstania lodowców ubyło wody w oceanach i ich poziom opadł. Dalej zarówno skutkiem deformacyi ziemi pod wpływem lo-

<sup>1)</sup> „Odkształcenie się ziemi pod ciężarem wielkich lodowców“. Rozprawy Krak. Akad. Wydział mat.-przys. 37 (1899).

„Dalsze badania nad odkształceniem ziemi pod ciężarem wielkich lodowców. Wpływ ciężaru wielkich lodowców“. Ibid. 38 (1900).

dowców jak i skutkiem samego przyciągania lodowców zmieniły się powierzchnie ekwipotencyjne, a więc i powierzchnia oceanu. Zmiany te można również wyrazić zapomocą funkcyj kulistych i wreszcie można zapomocą tych funkcyj wyrazić całkowite względne przesunięcie poziomu morza.

Ale rezultaty te otrzymane są w założeniu, że zmiany dna morskiego nie wpłynęły na zmianę absolutnego poziomu morza, gdyż skompensowały się. Ściśle jednak rzecz biorąc, zmiany dna morskiego nie są wcale dane a priori, lecz zależą od ciśnienia na dno, które zależy od kształtu ekwipotencyjalnej powierzchni morskiej, a nawzajem od odkształcenia dna morskiego zależy samo ciśnienie na dno. Zadanie jest więc o wiele bardziej skomplikowane, aniżeli zadanie przybliżone z zaniedbaniem okoliczności powyższych.

Otóż ten trudny problem traktuje Rudzki w sposób bardzo wytworny trudną i delikatną metodą nieskończenie wielu równań liniowych o nieskończenie wielu niewiadomych.

Nieznane a priori ciśnienie  $p$  rozwija się na szereg funkcyj kulistych dwóch argumentów: szerokości i długości geograficznej, których współczynniki są nieznane. Tych nieskończenie wiele współczynników wyznacza się metodą Fouriera, całkując po powierzchni kuli. Stąd otrzymuje się nieskończenie wiele równań liniowych, w których niewiadomymi są owe współczynniki.

Autor traktuje równania te metodami, które niedawno przedtem wprowadzili Hill i Poincaré do nauki, zapomocą wyznaczników nieskończonych. Są to badania bardzo interesujące i sugestywne dla matematyka, chociaż Rudzki przyznaje, że do praktycznego obliczenia deformacji ziemi metoda ta się nie nadaje.

Wspomniemy tu tylko, że w innej ciekawej pracy<sup>1)</sup>, która jednak pod względem matematycznym nie przedstawia interesu, badał Rudzki deformację ziemi w hipotezie „izostazyi” tj. doskonałej płynności ziemi. Zarówno rezultaty poprzednich dwóch prac, jak i tej prowadzą do konkluzji, że linie brze-

<sup>1)</sup> „Deformationen der Erde während der Eiszeit. Zeitschrift für Gletscherkunde 1 (1906).

gowe śladów morza w krajach północnych pochodzą z epoki polodowej, topnienia lodów i że ziemia raczej zachowuje się jako ciecz lepka, okazująca własność opóźnionej sprężystości.

2. W wielostronnej naukowej działalności Rudzkiego wybijają się na plan pierwszy badania poświęcone zagadnieniom seismologii. Badania te doprowadziły go do rozważania różnych, bardzo interesujących problemów analitycznych i geometrycznych.

W fizyce matematycznej, tam gdzie ma się do czynienia z drganiami czy eteru, czy ciał stałych, stosuje się zasadę Fermat'a, zasadę najkrótszego czasu. Tem tłumaczy się zajęcie się Rudzkiego problemami rachunku waryacyjnego, którego specjalnym problemem jest właśnie zasada Fermat'a.

Uważajmy <sup>1)</sup> ziemię jako kulę utworzoną z warstw spółśrodkowych izotropowych, jednorodnych, nieskończenie cienkich. Wówczas indeks refrakcyi  $n$  i prędkość  $u = \frac{1}{n}$  rozchodzenia się drgań będą funkcjami oddalenia  $r$  danego punktu od środka kuli.

$$(2) \quad n = F(r)$$

Stosując prawidła rachunku waryacyjnego do całki

$$(3) \quad \int_A^B n \, ds,$$

gdzie  $A$  jest punktem, z którego drgania wychodzą, „centrum” trzęsienia ziemi, zaś  $B$  punktem dowolnym, otrzymuje się trzy równania różniczkowe:

$$(4) \quad \frac{d}{ds} \left( n \frac{dx}{ds} \right) - \frac{\partial n}{\partial x} = 0, \quad \frac{d}{ds} \left( n \frac{dy}{ds} \right) - \frac{\partial n}{\partial y} = 0, \quad \frac{d}{ds} \left( n \frac{dz}{ds} \right) - \frac{\partial n}{\partial z} = 0,$$

gdzie  $x, y, z$  są spółrzędne Kartezjusza ogólnego punktu  $B$ .

„Promienie seismiczne” są to krzywe, wzdłuż których rozchodzą się drgania seismiczne i które spełniają równania różniczkowe (4). Jeżeli szybkość  $u$  rozchodzenia się drgań maleje z odległością od środka, krzywe te są wypukłe względem środka ziemi.

Rudzki bada tę interesującą rodzinę krzywych. Po

<sup>1)</sup> „O rozchodzeniu się drgań podczas trzęsień ziemi”. Rozprawy Krak. Akad. Wydział mat. przyr. 33 (1898).



daje metody, za pomocą których, znając czas trzęsienia w poszczególnych punktach powierzchni ziemi, można wyznaczyć położenie epicentrum, t. j. punktu powierzchni ziemi położonego ponad centrum trzęsienia ziemi, głębokość samego ogniska i samą funkcję  $n$ , indeks refrakcyi, jeżeli się go uważać będzie za nieznany lub niedość dokładnie znany.

3. W dalszych badaniach nad naturą drgań seismicznych <sup>1)</sup> wprowadza Rudzki ważną innowację, przyjmując, że ziemia z powodu ciśnień wewnątrz niej panujących zachowuje się nie jako ciało izotropowe, ale jako ciało podwójnie łamiące, posiadające t zw. transversalną izotropię. Indeks refrakcyi  $n$  jest teraz zarówno funkcją współrzędnych  $x, y, z$ , jak i kosinusów kierunkowych  $\lambda, \mu, \nu$ .

Promienie seismiczne otrzymuje się, stosując do całki (3), gdzie teraz  $n$  jest funkcją sześciu argumentów

$$n(x, y, z; \lambda, \mu, \nu),$$

zasadę Fermat'a.

Tym często matematycznym problemem rachunku wariacyjnego dla zupełnie ogólnego ciała nieizotropowego zajmuje się Rudzki w osobnej rozprawie <sup>2)</sup>. Zamiast równań (4) mamy teraz trzy równania różniczkowe:

$$(5) \quad \frac{d}{ds} \left[ \lambda(n-h) + \frac{\partial n}{\partial \lambda} \right] - \frac{\partial n}{\partial x} = 0, \quad \frac{d}{ds} \left[ \mu(n-h) + \frac{\partial n}{\partial \mu} \right] - \frac{\partial n}{\partial y} = 0,$$

$$\frac{d}{ds} \left[ \nu(n-h) + \frac{\partial n}{\partial \nu} \right] - \frac{\partial n}{\partial z} = 0,$$

$$h = \lambda \frac{\partial n}{\partial \lambda} + \mu \frac{\partial n}{\partial \mu} + \nu \frac{\partial n}{\partial \nu}.$$

Jeżeli ośrodek jest wprawdzie nieizotropowy, ale jednorodny, natenczas promienie seismiczne są znowu prostoliniowe, ale fale elementarne nie są kuliste, więc prawa załamania są inne, aniżeli w ciałach niejednorodnych ale izotropowych. Nie

<sup>1)</sup> „O kształcie fali sprężystej w pokładach ziemskich“. Rozprawy Krak. Akad. Wydział mat.-przr. 33 (1898) — 34 (1898). — 39 (1900). Prace te wyszły w niemieckiem tłumaczeniu w Biuletynie Krakowskiej Akademii i w „Beiträge zur Geophysik“.

<sup>2)</sup> Essai d'application du principe de Fermat aux milieux anisotropes“. Biuletyn Krak. Akad. Wydział mat.-przr. 1918.

normalne do powierzchni fal, ale promienie spełniają prawa (Snellius'a) załamania.

4. Wróćmy do ciał transwersalnie izotropowych. Ciała te posiadają 5 współczynników sprężystości i zachowują się tak, że wszystkie kierunki prostopadłe do pewnej osi (przechodzącej dla ziemi przez środek ziemi) są równoważne.

Rudzki<sup>1)</sup> bada powierzchnię falistą w ośrodku transwersalnie izotropowym, t. j. powierzchnię obwiednią wszystkich płaskich fal elementarnych w jednej i tej samej chwili. Z natury rzeczy jest to powierzchnia obrotowa i wystarczy zbadać jej przekrój płaski.

Zbadaniu krzywej algebraicznej przekrojowej poświęca Rudzki dużo pracy, stosując metody i pojęcia nowożytnej teorii krzywych algebraicznych. Najdoskonalsze przedstawienie własności tej krzywej podał w r. 1911<sup>1)</sup>, wróciwszy raz jeszcze do przedmiotu, którym się przez lata zajmował i wyświetlając ostatecznie naturę krzywej, którą seismologowie szczególnie włoscy bardzo żywo, ale z małą znajomością geometrii się zajmowali.

Potencjał elastyczności ciała transwersalnie izotropowego  $W$  można napisać w postaci następującej:

$$(6) \quad W = \frac{1}{2} [c_{11} (e_{xx} + e_{yy})^2 + c_{33} e_{zz}^2 + 2c_{13} e_{zz} (e_{xx} + e_{yy}) - 4c_{66} e_{xx} e_{yy} + c_{44} (e_{yz}^2 + e_{xz}^2) + c_{66} e_{xy}^2],$$

gdzie  $e_{xx}$ , etc. są to składowe deformacji

$$e_{xx} = \frac{\partial u}{\partial x}, \quad e_{yy} = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad e_{zz} = \frac{\partial w}{\partial z}, \quad e_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}, \quad e_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y},$$

$$e_{xz} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x},$$

zaś  $c_{11}$ ,  $c_{33}$ ,  $c_{44}$ ,  $c_{66}$ ,  $c_{13}$  są współczynniki sprężystości. Krzywą przekrojową można przedstawić w spólrzędnych stycznościowych  $\xi$ ,  $\eta$ ,  $\zeta$ . Okazuje się, że krzywa ta rozpada się na 2 krzywe, mianowicie na elipsę i na krzywą 4-tej klasy, której równanie w podanem znakowaniu brzmi:

$$(7) \quad (c_{11} \xi^2 + c_{44} \zeta^2 - 1) (c_{44} \xi^2 + c_{33} \zeta^2 - 1) - (c_{13} + c_{44})^2 \xi^2 \zeta^2 = 0.$$

Otóż krzywa ta jest krzywą 12-go stopnia, o 28 punktach podwójnych i o 24 ostrzach, z których trzecia część, t. j. 8

<sup>1)</sup> „Parametrische Darstellung der elastischen Welle in anisotropen Medien“ Biuletyn Krak. Akad. Wydział mat.-przyr. 1911.

jest rzeczywistych. Nie posiada ona ani stycznych podwójnych, ani stycznych przegięcia.

Rudzki bada zarówno teoretycznie jak i rachunkowo kształt tej nader interesującej krzywej, która jest odwrotną (reciprok) krzywej 4-go stopnia bez punktów osobliwych. Okazuje się, że ta krzywa symetryczna względem obu osi  $x$ ,  $z$  współrzędnych składa się z dwóch oddzielnych części. jednej, która jest owalem bez punktów osobliwych i z drugiej części (gałęzi), również zamkniętej (parzystej), na której leżą wszystkie osobliwe punkty krzywej. Tak więc powierzchnia fal badanego ośrodka składa się z trzech zamkniętych części, bo jeszcze mamy elipsoidę obrotową. Promień przez środek powierzchni przeprowadzony przecina powierzchnię w conajmniej 3-ch punktach. Tem można tłumaczyć, że w danym punkcie powierzchni ziemi jedno drganie wychodzące z ogniska trzęsienia ziemi daje się odczuć kilku wstrząśnieniami. Wstrząśnienia te nie są ani wyłącznie torsyjne, ani też wyłącznie dylatacyjne.

Rudzki przedstawia tę powierzchnię wybiórcie w postaci parametrycznej. Następnie bada też powierzchnię fal dla ośrodka o 3-ch płaszczyznach symetrii, a więc posiadającego 9 współczynników sprężystości. I te badania są bardzo ciekawe dla geometrii i są dowodem wielkiej zręczności matematycznej autora.

Liczne inne badania Rudzkiego w teorii trzęsień ziemi, nad falami powierzchniowymi Rayleigh'a, dyspersją sprężystą itd. przedstawiają mniejszy interes dla matematyka. chociaż również poruszają kwestye ciekawe matematyczne, kwestye teorii równań różniczkowych cząstkowych.

5. Pierwszorzędnego całkiem znaczenia w nauce, a niepospolicie interesujące dla matematyka są badania Rudzkiego w geodezyi<sup>1)</sup>. Chodzi tu o podstawowy problem geodezyi, o wyznaczenie kształtu ziemi z pomiarów siły ciężkości na powierzchni ziemi. Przytem jako powierzchnię idealną, nieznaną a priori ziemi uważa się t. zw. geoidę, t. j. powierzchnię

---

<sup>1)</sup> „Sur la détermination de la figure de la terre d'après les mesures de la gravité. Bulletin Astron. (1905).



ekwipotencyalną oceanów przedłużoną popod lądami od morza do morza.

Gdyby nie było mas ziemskich położonych na lądach zewnętrznych geoidy, możnaby dla wyznaczenia kształtu geoidy bezpośrednio stosować twierdzenie Stokes'a, które orzeka, że siła ciężkości w całej przestrzeni nie zależy od rozkładu mas wewnątrz ciała, ograniczonego powierzchnią ekwipotencyalną. Aby to twierdzenie móc stosować, należy skompensować masy zewnętrzne, zastępując przez masy wewnętrzne równoważne lub przez powłokę powierzchniową o pewnej gęstości. Helmert kondensuje masy, nie zmieniając sumy mas, ale przez to zmienia się powierzchnia ekwipotencyalna oceanów. Rudzki podaje nader interesującą i ważną metodę, przy której nie zmienia się powierzchnia ekwipotencyalna oceanu, a masy zastępuje się powłoką powierzchniową na powierzchni geoidy rozmieszczoną.

Jest to specjalny przypadek podstawowego problemu teorii potencjału i zagadnień z teorii równań całkowych. Rudzki przyjmuje jako przybliżoną postać geoidy elipsoide obrotową o znanych wymiarach i stosuje funkcje elipsoidalne Lamé'go. Potencjały mas pierwotnych i zredukowanych i siła ciężkości zredukowana do poziomu geoidy wyrażają się przez szeregi funkcji Lamé'go, t. j. iloczynów 3-ch funkcji Lamé'go tego samego stopnia. To stosowanie ważnej kategorii funkcji do problemu podstawowego geodezyi jest bez wątpienia jednym z najciekawszych i najważniejszych stosowań funkcji Lamé'go.

Zredukowawszy siłę ciężkości do poziomu elipsoidy, przyjętej jako pierwsze przybliżenie, podaje następnie Rudzki metody wyznaczenia dokładniejszego wymiarów t. zw. elipsoidy ziemskiej, a następnie i wyznaczenia zboczeń geoidy od elipsoidy ziemskiej, również stosując świetnie funkcje Lamé'go.

Mniej interesującą dla matematyka, ale bardzo ważną i piękną jest redukcja mas w założeniu przybliżonem, że ziemia jest kulą. Stosuje się tu teorię inwersji. Rudzki stosuje <sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> „La gravité à Cracovie, à S. Francisco et à Dehra-Dun réduite à l'aide d'une nouvelle méthode“. Biuletyn Krak. Akad. 1907.

metodę tę praktycznie, obliczając zredukowane siły ciężkości dla Krakowa, S. Francisco i Dehra-Dun w Indyach.

Metody Rudzkiego są wytworniejsze od metod Helmherta, a sposób przedstawienia, zresztą zawsze u Rudzkiego jasny i umiejętny, bez porównania lepszy.

7. W całym szeregu prac zajmował się Rudzki problemami bardzo ważnymi dla fizyki matematycznej, a mianowicie dla równań różniczkowych cząstkowych hydrodynamiki i to hydrodynamiki cieczy doskonałych, cieczy lepkich i gazów. Interesującą<sup>1)</sup> dla matematyka jest przedewszystkiem praca poświęcona ruchowi falistemu, niewirowemu, stacyonarnemu cieczy nieściśliwej, ale podlegającej przyciąganiu ziemi.

Ruch odbywa się identycznie w płaszczyznach  $x, y$ , równoległych do siebie i do kierunku ruchu cieczy i prostopadłych. Niechaj oś  $y$ -ów będzie skierowana do góry, oś  $x$ -ów poziomo. Niechaj  $\varphi$  oznacza potencjał prędkości,  $\psi$  funkcję prądu (Stromfunktion),  $\rho$  gęstość. Jeżeli na powierzchni  $\psi = \psi_1$  cieczy panuje stałe ciśnienie, a dno jest a priori dane, natenczas chodzi o całkę  $\psi$  równania Laplace'a

$$(8) \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = 0,$$

która spełnia na powierzchni  $\psi = \psi_1$  warunek nieliniowy

$$(9) \quad \frac{\rho}{2} \left[ \left( \frac{\partial \psi}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \psi}{\partial y} \right)^2 \right] = C - \rho g y,$$

przyczem  $g$  jest stałą przyciągania, a  $C$  stałą dowolną. Dalej równania

$$(10) \quad F(x, y) = 0, \quad \psi(x, y) = 0,$$

z których pierwsze określa kształt dna, są równocześnie spełnione.

Trudne to zadanie nie zostało dotąd rozwiązane ogólnie. Pierwszą dokładną całkę, a więc pewien ruch falisty możliwy, podał Kirchhoff, ale w założeniu, że powierzchnia cieczy jest pozioma,  $y = 0$ . Ogólny przypadek traktuje Rudzki, podając metodę, pozwalającą znajdować dokładne pewne całki, a więc pewne możliwe ruchy faliste.

<sup>1)</sup> Über eine Klasse hydrodynamischer Probleme mit besonderen Grenzbedingungen. Math.-Annalen, 50 (1898).

Jak już wspomnieliśmy, także inne prace hydrodynamiczne Rudzkiego — i tak badanie równań hydrodynamicznych w przypadku cieczy ściśliwej lepkiej, a mianowicie w przypadku ruchu oceanu powietrznego, obracającego się razem z ziemią<sup>1)</sup> i inne prace — może matematyk tylko z wielką korzyścią czytać.

7. Teorya przewodnictwa ciepła stworzona przez Fourier'a jest dla matematyki bogatą kopalnią problemów analitycznych. Zajmując się badaniami nad wiekowem stygnięciem ziemi, zajął się też Rudzki tymi problemami analizy<sup>2)</sup>. Metoda, którą podał dla oznaczenia czasu, jaki upłynął od początku epoki górotwórczej sylurskiej, ze znajomości skurczenia promienia ziemi i druga metoda, wychodząca ze znajomości zmniejszenia się powierzchni ziemi skutkiem utworzenia się fałdów, płaszczowin, polegają na stosowaniu teorii oziębiania się kuli.

W teorii tej podstawową rolę odgrywają funkcje Bessela, Rudzki bada<sup>3)</sup> miejsca zerowe tych funkcyj metodą interesującą, różną od metody Hurwitza.

Zajmując się przewodnictwem ciepła w gazach, dochodzi do interesującego prawa statyki atmosfery<sup>4)</sup>: Atmosfera ciała obracająca się razem z tem ciałem, może być tylko wtedy w równowadze hydrostatycznej, jeżeli ciepło rozchodzi się tylko drogą przewodzenia, gdy ciało wraz z atmosferą jest „centrobaryczne“, tj. potencjał grawitacyjny jest wyłącznie funkcją oddalenia od środka i gdy niema obrotu dokoła osi.

Z licznych innych prac Rudzkiego, z dziedziny mechaniki, do której należą krytyczne polemiczne prace o pracach Denizota z teorii ruchu względnego, wspomniemy jeszcze o pracy<sup>5)</sup>, w której tłumaczy transgresyę tj. zalewy

<sup>1)</sup> „O granicach atmosfery“. *Prace mat.-fiz.* 4, (1893).

<sup>2)</sup> Über eine Methode die Dauer der geologischen Zeit zu schätzen“ *Petermanns geogr. Mitteil.* 41, (1895).

„O wieku ziemi“. *Rozprawy Krak. Akad. Wydział mat. przyr.* T. 41, (1901).

<sup>3)</sup> „O pewnej klasie równań przestępnych“. *Prace mat.-fiz.* T. 3, (1892).

<sup>4)</sup> Note sur un théorème de la statique de l'atmosphère“. *Bulletin Astron.* 21, (1904).

<sup>5)</sup> „O rytmicznych oscylacyach morza“. *Prace mat.-fiz.* 2, (1890).



lądów przez morze w różnych epokach geologicznych perturbacjami obrotu ziemi dookoła osi, którymi zajmował się Maxwell. Są one spowodowane przez zapadnięcia lub wzniesienia się lądów, które powodują zmianę środka i osi bezwładności ziemi. Zbytecznie mówić o interesie, jaki tego rodzaju badania przedstawiają dla matematyka.

8. Obraz działalności matematycznej Rudzkiego byłby bardzo niezupełny, gdybyśmy nie powiedzieli słów parę o tych rozdziałach dzieł Rudzkiego, w których traktuje teorie czysto matematyczne. Jak się Rudzki zapatrywał na znaczenie matematyki dla geofizyki, tego dowodem są słowa wstępu do „Fizyki ziemi”: „Matematyki książka moja zawiera raczej za mało, niż za dużo”. Oba dzieła, *Fizyka ziemi* i *Astronomia teoretyczna*, posiadają wszystkie zalety pisowni Rudzkiego, jasności obok zwięzłości, zdolności zainteresowania czytelnika od początku do końca, a treść ich jest niepospolicie bogata. Rozdziały *Fizyki ziemi* o geodezyi, o teoriach fizyki matematycznej, sprężystości, hydrodynamiki nadają się z tych powodów szczególnie do przyswojenia sobie zasad tych nauk. Tosamo tyczy się rozdziałów *Astronomii* poświęconych teoriom matematycznym, jakie się zwykle podaje na wstępie dzieł astronomicznych.

Brak miejsca nie pozwolił Rudzkiemu w *Astronomii* poświęcić tyle miejsca problemowi trzech ciał, ile pragnął i ile się zwykło poświęcać w dziełach mechaniki niebieskiej. Ale kilka ostatnich rozdziałów dzieła poświęconych jest matematycznym teoriom ruchu księżyca i teorii figur równowagi ciał ciekłych obracających się. Nowożytnie teorie księżyca Hill'a i Poincaré'go posługują się równaniami liniowymi w liczbie nieskończenie wielkiej, o nieskończenie wielu niewiadomych. Wykład tej teorii matematycznej i stosowanie jej w całkowaniu równań określających ruch perigeum i ruch węzła księżyca posiada pierwszorzędny interes dla matematyka. Sławna teoria figur równowagi ciał ciekłych obracających się, która pociągała zawsze największych matematyków, przedstawiona jest zajmująco, zachęcająco dla tych, którzyby chcieli zająć się u nas tym problemem.

9. Rudzki zawsze żywo interesował się najnowszymi zdobyczami matematyki, rzecz więc naturalna, że teoria ró-

wnań całkowitych liniowych, która się okazała potężnym środkiem badawczym dla problemów fizyki matematycznej, zajęła go odrazu. Zamierzał stosować teorię tę w problemie przewodnictwa ciepła w związku z badaniami, które go stale zajmowały, ale niestety nie było mu danem ogłosić rezultaty badań. W zmarłym traci matematyka polska uczonego, który właśnie dzięki swej wielostronności wzbogacał matematykę problemami wziętymi z zagadnień przyrody. Oby jego sugestywne prace zachęciły matematyków do zgłębienia tych trudnych, ale pięknych problemów analizy.

*A. Rosenblatt.*

---

#### ZUSAMMENFASSUNG.

In drei Referaten wird die wissenschaftliche Tätigkeit des am 22. Juli 1916 gestorbenen Professors der Astronomie und Geophysik an der Krakauer Universität, Maurycy P. Rudzki, besprochen. Sein Hauptverdienst auf dem Gebiete der Astronomie besteht in der Bearbeitung und Herausgabe seiner Universitätsvorlesungen, die in zwei Bänden unter dem Titel „Theoretische Astronomie“ im 1914 in polnischer Sprache erschienen sind. In diesem Werke wurden die sphärische Astronomie, die Bahnbestimmung und die Mechanik des Himmels behandelt. Das zweite Werk von Rudzki aus dem Gebiete der Astronomie „Die Gestirne und der Bau des Weltalls“ ist mehr populär und dennoch wurden in demselben die neuesten Untersuchungen berücksichtigt. In den Universitätsvorlesungen Rudzki's haben noch zwei andere Lehrbücher ihren Ursprung: „Physik der Erde“ und „Meteorologie“. Das erste ist in polnischer und deutscher Sprache erschienen, das zweite kommt erst jetzt nach dem Hinscheiden des Verfassers zur Ausgabe.

Rudzki glänzende Forschertätigkeit auf dem Gebiete der Geophysik wird ausführlicher besprochen: seine Methode der Berechnung der Geoidfläche, welche in mancher Hinsicht vor der Helmholtz'schen Methode den Vorzug verdient, seine Arbeiten auf dem Gebiete der Seismologie, insbesondere bezüglich des Einflusses der elastischen Anisotropie des Gesteinsmaterials sowie bezüglich der Tiefe der Erdbebenherde, seine Theorie der

Polhöheschwankungen, seine Berechnung der durch die urzeitliche Vergletscherung Skandinaviens bewirkten Niveau Änderungen, die ein gewichtiges Argument zu Gunsten der Hypothese der Isostasie bildet und endlich seine Berechnung des Alters der Erde. Überdies wird eine ganze Reihe seiner kleineren Arbeiten aus verschiedenen Teilen der Geophysik und Physik kurz erwähnt.

Das dritte Referat befasst sich mit den mathematischen Problemen, welche Rudzki in seinen Werken und Abhandlungen behandelte. Die meisten derselben betreffen Randprobleme in der Theorie der partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik bei besonderen gegebenen Randbedingungen. Aber auch die Variationsrechnung, die Theorie algebraischer Kurven und Flächen, sowie die Theorie gewisser wichtiger Funktionenklassen, wie der Bessel'schen und der Laméschen Funktionen verdanken ihm wertvolle Beiträge.

In seinen interessanten Untersuchungen über die Deformation der Erde unter der Last des Inlandeises während der Eiszeiten behandelte er mit Hilfe der neuen Methode unendlich vieler Gleichungen mit unendlich vielen Variablen das Problem der Deformation einer Kugel, wobei der Druck an der Oberfläche nicht gegeben, sondern eine Funktion der Deformation selbst ist. Probleme der Potentialtheorie behandelte er in seinen Untersuchungen über die Bestimmung der Gestalt der Erde aus den Schweremessungen, wobei er Lamé'sche ellipsoidische Funktionen in der interessantesten Weise verwendete. Probleme der Seismologie veranlassten ihn das Fermatsche Prinzip in anisotropen Medien zu untersuchen, also ein Problem der Variationsrechnung zu behandeln, andererseits untersuchte er die Eigenschaften der Wellenfläche in anisotropen, und speziell in „transversal“ isotropen Medien. Er befasste sich weiter mit dem mathematisch interessanten Problem der Wellenbewegung einer irrotationalen incompressibeln Flüssigkeit mit Berücksichtigung der Schwerkraft und entdeckte spezielle Lösungen des allgemeinen Problems. Weiter schrieb er über die Nullstellen der Bessel'schen Funktionen, über lineare Differentialgleichungen, über gewisse Probleme der Hydrodynamik compressibler Flüssigkeiten, die in der Meteorologie auftreten. In seinen Untersuchungen über das Alter der

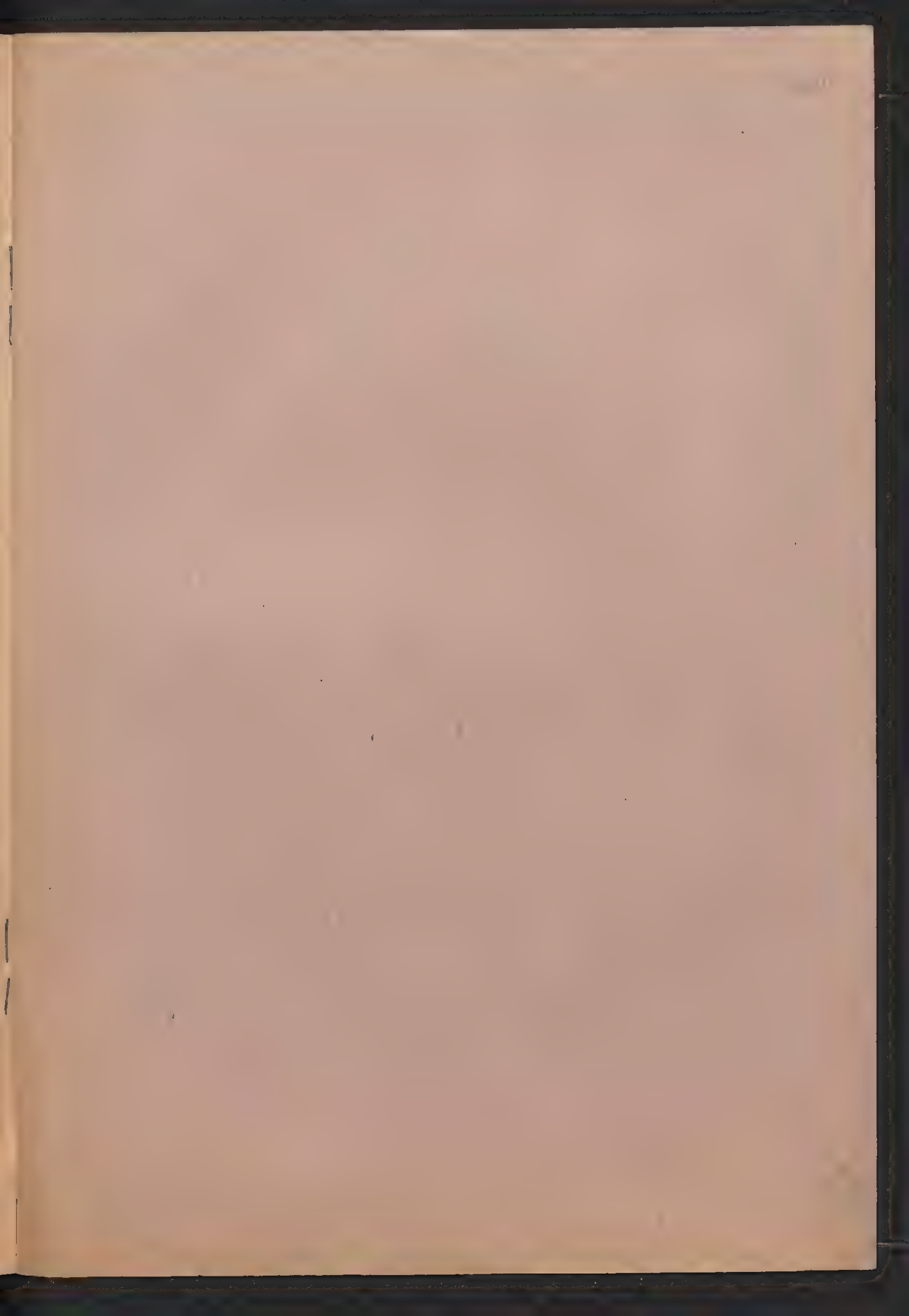


Erde findet man Sätze über die Wärmeleitungsgleichung. Auch andere Abhandlungen enthalten viel mathematisch Interessantes.

In den Lehrbüchern: „Physik der Erde“ und „Theoretische Astronomie“. werden die mathematischen Theorien mit grosser Eleganz vorgetragen, wobei sich besonders die dem Dreikörperproblem, insbesondere der Mondtheorie, der Gleichgewichtsgestaltrotierender Flüssigkeiten, der höheren Geodäsie, den Theorien der Elastizität und Hydrodynamik gewidmeten Kapitel auszeichnen.

---









# MUZEUM

L XXXIV



CZASOPISMO POŚWIĘCONE SPRAWOM WYCHOWANIA  
I SZKOLNICTWA, WYDAWANE WE LWOWIE PRZES  
TOW. NAUCZYCIELI SZKÓŁ WYŻSZYCH

str. 286 — 296

(tylko)

9  
ROK 1917

□ □ □

CZERWIEC

ROČZNIK XXXII.

□ □ □

ZESZYT 6.

ZJAZD CZŁONKÓW T. N. S. W.

NAKŁADEM TOW. NAUCZYCIELI SZKÓŁ WYŻSZYCH  
CZCIONKAMI I. ZWIĄZKOWEJ DRUKARNI WE LWOWIE UL. LINDEGO L. 4.  
REDAKCJA I ADMINISTRACJA LWÓW, UL. MAŁECKIEGO 5.

„Muzeum“ wychodzi rocznie w 10 zeszytach co miesiąc z wyjątkiem lipca i sierpnia. Prenumerata dla nieczłonków wynosi 12 koron rocznie.

---

REDAKCJA I ADMINISTRACJA LWÓW, MAŁECKIEGO 5.

---

## TREŚĆ.

### VIII. Zjazd członków T. N. S. W.

w Krakowie, dnia 27. maja 1917.

	Str.
Od Redakcyi . . . . .	243
Przemówienia wstępne: Magnificenci Rektora Uniw. Jagiell. Szajnochy . . . . .	245
Prezesa T. N. S. W., radcy Dworu prof. E. Tilla . . . . .	249
Zagajenie Zjazdu (Prezes Towarzystwa E. Till) . . . . .	250
Przemówienie Wiceprezydenta Rady szk. kraj. dra F. Zoila . . . . .	254
Rezolucya prof. Uniw. Jagiell. I. Chrzanowskiego . . . . .	255
Nadesłane pisma i telegramy . . . . .	256
I. Referaty . . . . .	257
Kielski Bronisław: Głównie. problemy polskiego szkolnictwa średn. . . . .	257
Zawiliński Roman: Ustrój przyszłej szkoły polskiej . . . . .	258
Stypiński Józef: Nauczycielstwo polskie w Królestwie . . . . .	267
Chmielewski Konrad: Program nauki o Polsce współczesnej . . . . .	273
II. Dyskusya i wnioski . . . . .	275
III. Referaty z inicjatywy Pol. Instytutu Pedagogicznego w Krakowie pod zbiorowym tytułem „O ważności poszczególnych grup przedmiotów szkoły średniej dla ogólnego wykształcenia“ . . . . .	282
Prof. K. Morawski: } O nauce języków starożytnych . . . . .	282
Prof. I. Chrzanowski: }	
Prof. M. Smoluchowski: O znaczeniu nauk ścisłych . . . . .	285
Dr. L. Bykowski: Nauki przyrodnicze . . . . .	294
IV. Dyskusya i wnioski . . . . .	301
V. Referaty . . . . .	307
Machniewicz Stanisław: Sztuka jako czynnik wychowawczy w szkole i w domu . . . . .	307
Prof. St. Ciechanowski: Rola szkoły w walce z chorobami płciowemi . . . . .	307
Komunikaty . . . . .	313
Biuro szkolnictwa polskiego . . . . .	313
Fundusz im. A. Mickiewicza . . . . .	313

---

#### W SKŁAD KOMISYI REDAKCYJNEJ WCHODZĄ:

Dr. LUDWIK BYKOWSKI, ADAM CEHAK, ALEKSY MAKOWSKI,  
Dr. BOLESŁAW MAŃKOWSKI, Dr. MARCELI PRÓSZYŃSKI, Ks. Dr. AN-  
TONI RATUSZNY, Dr. FRANCISZEK SMOLKA, Dr. ERNEST TILL,  
Dr. KAZIMIERZ TWARDOWSKI, JERZY DUNIN-WĄSOWICZ.

---



## Od Redakcyi.

W trzecim roku wojny światowej, toczonej w wielkiej części na naszych ziemiach, wzmogła się, mimo całą grozę i nędzę wojny, siła narodu naszego, którego prawo do bytu samodzielnego uznały wreszcie mocarstwa europejskie i wolna Ameryka.

„Od stu lat z górą nie przeżywalіśmy chwil tak niezmiernie doniosłych, tak bardzo uprawniających do wiary, iż oto ziścić się muszą dążenia słusznej sprawy naszej i ideały narodowe, za które w przedziwnie wielkiej ofierze pokolenia całe składały krew swą i mienie i pracę życia. Dni bieżące uprawniają do nadziei, że przypadnie wiekowa ziem polskich niewola i gnębienie ducha polskiego. Ale wkładają i obowiązki: nieustannej pracy nad realizacją wskazań narodowych, baczności nad tem, co czynią obcy i rozliczni „swoi“, wytężenia sił, by nie dopuścić do nowego uszczuplenia nas na ziemi przodków i prawach wolnego narodu.

Dziś każdy Polak o polskiej duszy za wytyczną działania przyjąć musi nie uzyskanie koncesyjek dla wygodniejszego bytowania w ciasnych granicach swych dzielnic — lecz odzyskanie Macierzy, powrót na jej łono. A dla dzieci naszych zdobyć musimy szkołę polską — dla wszystkich dzieci polskich. O nie mniejszą rzecz walczyć trzeba jak o jedność i całość narodu“.

Pod tem hasłem przygotował Zarząd główny Towarzystwa tegoroczny Zjazd członków, na który zaprosił nauczycielstwo polskie i innych obywateli kraju dbających o dobro i przyszłość szkoły i wychowania nie tylko z naszej dzielnicy ale i z dawnego zaboru rosyjskiego i z za kordonu pruskiego. Chodziło o to, aby zdać sobie sprawę z zadań nauczyciela polskiej szkoły średniej w tych warunkach, porozumieć się co do programu pracy na całym obszarze ziem polskich, a przynajmniej przygotować możność takiego porozumienia.

Jak nam się to udało, świadczyć ma niniejsze sprawozdanie, które wydajemy jako „Pamiętnik zjazdu członków T. N. S. W. w Krakowie dnia 27. maja 1917“. Dla całości obrazu, który nie mógł być — z przyczyn wynikających z wojny — idealnie wykonionym, dodajemy na tem miejscu niektóre szczegóły:

Zaproszenia nasze wywołały wszędzie, dokąd zdołały dotrzeć, jak najserdeczniejszy odzew. Kto tylko mógł, stawiał się na obrady krakowskie, tak że Aula czcigodnej wszechnicy Jagiellońskiej ledwie mieściła uczestników zjazdu.

Witała przybyłych po gospodarzu gmachu, Magnificencji Rektorze uniwersyteckiego, także Reprezentacja król. stoł. miasta Krakowa a wśród dalszych przemówień oklaskiwano entuzjastycznie przemowę delegata Departamentu W. i O. Tymczasowej Rady Stanu, prof. Wł. Wóycickiego z Warszawy.

Prócz niego jawił się i wicemarszałek Rady Stanu p. Mikułowski-Pomorski, a w obradach uczestniczyli prócz referentów z Królestwa także dyr. Kaz. Kujawski i ks. Gralewski z Warszawy i dyr. Włodarski z Olkusza.

Nie brakło członków Rady szkolnej krajowej, obecny był także b. jej wiceprezydent dr. I. Dembowski. Oddział szkolny przy generał-gubernatorstwie w Lublinie reprezentowali pp. inspektorowie dr. Reiter, Żłobicki i Łopuszański; sprawy urzędowe uniemożliwiły przybycie p. generał-gubernatorowi Eksceł. hr. Szeptyckiemu.

Profesorowie obu uniwersytetów krajowych, prezydya wielkich zrzeszeń nauczycielskich (Związek polskiego nauczycielstwa ludowego, Polskie Towarzystwo Pedagogiczne, Stowarzyszenie nauczycielstwa polskiego w Warszawie i Oddział jego w Lublinie) i Towarzystwa Polskiego Instytutu Pedagogicznego w Krakowie, posłowie do Rady państwa Eksceł. Głabiński i dyr. Rychlik stanęli obok członków Towarzystwa, dyrektorów i nauczycieli szkół średnich galicyjskich przybyłych ze wszystkich siedzib tych szkół na Śląsku i w naszym kraju.

Nie mieliśmy wśród siebie nikogo z Poznania, skąd prócz kartki b. posła mec. Chrzanowskiego otrzymaliśmy od syna ś. p. prof. Karwowskiego tylko zawiadomienie, że jego ś. p. Ojciec już „niestety nie dożył chwili, gdzie wspólnie z Braćmi z całej Polski mógłby być radzić nad rozwojem przyszłej szkoły narodowej!” — ani z Litwy.

Nastrój zebrania i przekonania uczestników charakteryzuje najlepiej rezolucya prof. I. Chrzanowskiego — drukowana we wszystkich pismach polskich — i jej przyjęcie. Dążenia i cele całego nauczycielstwa polskiego widoczne ze zgodności kierunków jego prac i usiłowań bez względu na miejsce, gdzie się je podejmuje: polskiej myśli pedagogicznej potrzeba tylko warunków sprzyjających wykonaniu!

Drukowaliśmy tylko przemówienia doręczone sekretaryatowi na piśmie; sekretarzami Zjazdu byli pp.: prof. Kazimierz Chmielewski z Lublina, Wł. Koch z Krakowa i F. Popiołek z Cieszyna.

We Lwowie, w lipcu 1917.

## VIII. ZJAZD CZŁONKÓW T. N. S. W.

w Krakowie, dnia 27. maja 1917.

Magnificencya Rektor Uniw. Jagiellońskiego Szajnocha:

Wielce Szanowni Panowie!

Nie poraz pierwszy Uniwersytet Jagielloński ma zaszczyt witać w swych murach Zjazd Towarzystwa Nauczycieli szkół wyższych, które przed 34 laty tutaj w Krakowie powstałe, tylu węzłami zawsze z naszą wszechnicą było związane. Witamy też Szanownych Panów jaknajserdeczniej, jak gościa miłego i drogiego, który wchodzi w mury tego miasta ze szczerem pragnieniem poważnej pracy około dobra narodu.

A czyż może być donioślejsza praca narodowa, jak piecza nad wychowaniem i wykształceniem naszej młodzieży, tego najcenniejszego żywego skarbu ojczyzny, który ma ją utrzymywać, utrwalać i ciągle odmładzać?

Czyż może być większe i wdzięczniejsze zadanie dzisiaj, gdy z tej strasznej trzyletniej wojny światowej wyłania się nasza wymodlona i wytęskniona od 100 lat, wolna niepodległa Polska, jak obmyślenie i przygotowanie budowy nowego, niezależnego narodowego szkolnictwa i wychowawczego systemu?

Na porządku dziennym tegorocznego Zjazdu Szanownych Panów stoi też na pierwszym planie ten wielki temat i słusznie, gdyż ten przedmiot obchodzi całe bez wyjątku społeczeństwo polskie i tam, gdzie niema już ohydnych więzów rosyjskiego ciemństwa, i tu także, gdzie mamy wprawdzie od wielu lat swobodę nauczania w języku ojczystym, ale gdzie przecież skrupowani jesteśmy wielokrotnie systemem szkolnictwa częściowo obcym, pod niejednym względem obecnie już przestarzałym i naszym dzisiejszym potrzebom nieodpowiednim.

Uniwersytet Jagielloński nieraz zwracał uwagę na potrzebę reform w szkołach średnich Galicyi, a bezpośrednio przed woj-



na zwrócił się nawet w tej sprawie, t. j. co do sposobu nauczania młodzieży z tych szkół wychodzącej, do naszej najwyższej magistratury, t. j. do Rady Szkolnej krajowej. Sprawa nie mogła być wtedy omówiona ze wszystkich punktów widzenia, jakby to niesłychana doniosłość rzeczy była wymagała, gdy przyszła wojna straszna i bezlitosna i niszcząca niejedno z dotychczasowego indywidualnego i zbiorowego bytu. Nikt nie przypuszczał przed trzema czy czterema laty, że zapasy wojenne obejmą wszystkie części świata, setki milionów ludności i wszystkie niemal cywilizowane narody, dumne dotąd zawsze, tak w Europie jak Ameryce, ze swej kultury, z odwiecznej cywilizacji i z prawideł naturalnej etyki, wszczepianej każdemu dziecku codziennie w milionach szkół wszelakiego rodzaju. Wojna wstrząsała nie tylko politycznymi i ekonomicznymi podstawami niemal każdego państwa w Europie, lecz wstrząsała niestety także i etyką publiczną i prywatną i odsłoniła — oprócz bardzo wielu niezaprzeczalnych objawów bohaterskich i najzwnioślejszych — w każdym społeczeństwie tyle stron ciemnych, że pytania rodzą się na ustach — może nieraz zbyt cicho i lęklwie — czy po to od tylu wieków cywilizacja rozszerzała coraz dal-  
sze kręgi, a kultura pogłębiała się coraz bardziej, aby miliony ludzi zabijały się i ginęły, a pustynie powstawały tam, gdzie poprzednio były kwitnące dobrobytem miasta i sioła? Tych smutnych pytań przemilczyć teraz nie wolno, tam, gdzie z gruzów odbudować się ma nową przyszłość; i u nas zwłaszcza, gdzie dla naszego narodu otwiera się nowa era niepodległości i samorządu, era swobodnego zupełnie rozwoju ducha, myśli, słowa i czynu. Dzisiaj też, gdy gdziekolwiek mówić zaczynamy o reformach naszego polskiego szkolnictwa, to zdaje mi się, nie wolno nam oczu zamykać na nauki tak strasznie bolesne wojny obecnej i zrab nowego gmachu całego polskiego przyszłego szkolnictwa musimy zakładać odpowiednio do tr o j a k i c h potrzeb dzisiejszej chwili i dalszej przyszłości, t. j. do potrzeb narodowych, do potrzeb ogólnoludzkich i do potrzeb, że tak powiem, realnego życia.

Potrzeby narodowe są jedne na całym obszarze ziem polskich: one polegają w swobodzie używania ojczystego języka, w przeniknięciu systemów szkolnych własnym duchem, własną przeszłością i historią, w możliwości wszczepienia w ka-

żdą jednostkę tych cnót narodowych, bez których żaden naród istnieć nie może, jeśli nie ma się rozsypać w tłum bezmyślny, bezsilny, a hałaśliwy. Wyodrębnić też musimy naszą przyszłą szkołę od szkodliwych i przestarzałych wpływów obcych, chociaż z drugiej strony nie powinniśmy popadać w skrajny zapęd zrywania wszelkich już wypróbowanych węzłów, łączących nas od wielu lat z kulturą i szkolnictwem naszych najbliższych zachodnio-europejskich sąsiadów.

Potrzeby ogólnoludzkie dzisiaj po smutnych doświadczeniach trzyletniej największej wojny światowej muszą być niezbędnie uwzględnione w tym etycznym katechizmie życiowym, jaki wpaja szkoła w każdą młodą duszę. Nie przepisy prawa międzynarodowego, które tak bezsilnymi okazały się w trzech latach ostatnich, lecz zasady prawdziwej etyki chrześcijańskiej i prawdziwej miłości bliźniego a nie nienawiści wszczepiać bezustannie należy w młodocianą duszę, gdyż miłość chrześcijańska nie powinna znać różnic plemiennych, a nienawiść raz rozbudzona, zwraca się nieraz w nieszczęsnym omamieniu — przeciw swoim najbliższym.

Spółczesności dotychczasowe za wiele, zdaje się, liczyły na wpływ uszlachetniający etyczny klasycyzmu i humanizmu, i pod tym względem zawód jej spotkał kompletny, i mimowoli przychodzi tu na myśl, czy rozczytując się w łacińskich i greckich autorach, nie za wiele rozkoszowaliśmy się w opisach różnych wojen, nieraz bardzo bohaterskich, ale zawsze okrutnych i barbarzyńskich.

Potrzeby życia realnego, to nieugięta konieczność liczenia się z wymogami przyszłego ustroju ekonomicznego każdego Państwa, które przedewszystkiem będzie musiało dbać o to, aby samo mogło własną ludność wyżywić i odziać i zaspokoić swoje potrzeby techniczne własnymi płodami i własną pracą. A więc rolnictwo, jego wszystkie gałęzie, i technika ze wszystkimi nowoczesnymi działami, to jest przedewszystkiem pole do natychmiastowej i najintensywniejszej pracy dla każdego społeczeństwa, a więc i dla nas, i z tem ustrój przyszłego polskiego szkolnictwa musi się liczyć bezwzględnie, jeśli ma dostarczać państwu i narodowi istotnie potrzebnych sił roboczych w odpowiedniej ilości. Samodzielnych, a gruntownie wykształconych pracowników będzie nam potrzeba na każdym polu pra-

cy narodowej, pracy umysłowej i ręcznej, i tutaj też nie wolno nam zamykać się w dawnych formułkach tak zwanych klasycznych systemów, lecz będziemy musieli, zdaje mi się, zstąpić z zamglonych wyżyn klasycyzmu i niejedną przedsięwziąć zmianę studyów filologicznych języków martwych na korzyść nauk przyrodniczych, dzisiaj niezbędnych i podstawowych dla realnego bytu każdego nowoczesnego samoistnego ustroju państwowego. Do takiej zmiany naszych szkolnych dotychczasowych systematów jest dzisiaj już czas najwyższy, jeśli w wolnem państwie polskiem nie mamy znowu wydać naszych przyrodzonych skarbów i naszej ziemi na łup obcych żywiołów i obcych sił fachowych, niezawsze asymilujących się szybko i na korzyść polskiego narodu.

Zdaje mi się, że teraz przychodzi także chwila zastanowienia się nad systemem dwustopniowości naszych szkół średnich, która coprawda związana jest u nas dotąd z rozmaitymi administracyjnymi przepisami i przywilejami, ale która w interesie koniecznego przyszłego powiększenia materiału naukowego z zakresu nauk przyrodniczych, a nawet ekonomicznych, byłaby raczej do zniesienia, niż utrzymania.

Niemniej poważną i nagłą staje się także sprawa ujednolajnienia i pogłębienia nauki w żeńskich szkołach średnich, które coraz liczniejsze zastępy niezawsze dostatecznie przygotowanej młodzieży wysyłają do filozoficznych i medycznych fakultetów naszych Uniwersytetów. Jak z jednej strony niesprawiedliwością jest niedopuszczanie jeszcze dotąd przez państwo kobiet do fakultetów prawniczych i do akademii technicznych, dzisiaj, gdy tysiące kobiet pracuje w najróżnorodniejszych biurach, i gdy państwo potrzebuje w interesie swego bytu najwydatniejszej pracy każdej jednostki, to i z drugiej strony musi się dbać o to, aby kobiety, wchodzące do szkół wyższych, miały istotnie potrzebne do tego zdolności i przygotowanie, gdyż inaczej ani wszechnicom, ani państwu, ani im samym najmniejszego pożytku wyższe ich studia przynieść nie mogą.

Oto niektóre punkta ewentualnych reform, których rozważenie, teraz przy budowie nowego gmachu polskiego szkolnictwa byłoby — zdaje mi się — bardzo wskazane.

Mógłbym przytoczyć może jeszcze jedno lub drugie inne pytanie, nasuwające się także co do ustroju przyszłego polskie-



go szkolnictwa, lecz wszystkie one będą niewątpliwie rozważane w ciągu obrad Szanownych Panów przez najbardziej doświadczonych i ukwalifikowanych pedagogów i nie mają jest rzeczą wkraczać w tak obfity porządek dzisiejszego Zjazdu. Jako gospodarz chwilowy tego gmachu witam więc raz jeszcze w imieniu Uniwersytetu Jagiellońskiego Szanownych Panów jak najserdeczniej, życząc Zjazdowi najlepszych i najrychlejszych wyników Waszych obrad, i powtarzając słowa posła Małachowskiego, wypowiedziane na sejmie w Warszawie 21. października 1776 roku, że „mówić o Edukacyi jest wspomnieć o najpierwszym Narodu szczęściu, jest wydobyć źródło najobfitszych dla całego kraju pomyślności, jest na koniec rzucić wyborne nasienie pożytecznych, trwałych i niezawodnych dla nas i następców naszych zysków i owoców“.

\*

Prezes Towarzystwa, prof. uniw. lwowskiego dr. E. Till:

Za łaskawe i piękne słowa powitalne Jego Magnificencji Rektora ukochanej naszej prastarej Wszechnicy Jagiellońskiej, natchnione życzliwością dla stanu nauczycielskiego, miłością ojczyzny i gościnnością staropolską i za niemniej serdeczne wyrazy, z jakimi nas przyjęła Prześwietna Reprezentacya Grodu tego, składam imieniem zebranych tu reprezentantów zawodu nauczycielstwa polskiego serdeczne Bóg zapłać. Szczęśliwym się czuję, że pierwszy zjazd nauczycielstwa, któremu mam zaszczyt przewodniczyć, odbywa się w tem środowisku dawnej kultury polskiej, wśród tych murów, z których na każdym kroku spoglądają na nas świetne tradycje wiekowe. Mam przekonanie, że nastrój wywołany tem środowiskiem, wpłynie bardzo dodatnio na tok obrad naszych.

A skoro nam dzięki tej gościnności wolno na chwilę uważać się tu za gospodarzy, witam dostojnych gości naszych, dziękując, że raczyli zaszczyścić obrady nasze Swą obecnością, — witam reprezentantów władz rządowych i autonomicznych, których opiece polecamy gorąco nasze usiłowania, witam reprezentantów dostojnego i czciwego Duchowieństwa naszego, które pod przewodnictwem J. Exc. księcia Biskupa Krakowskiego niezapomniane usługi oddało społeczeństwu naszemu w tych niezmiernie ciężkich próbach, jakie my wszyscy przeżywalismy i przeżywamy. Witam Prezydenta Rady szkolnej, naszej bezpośredniej sterowniczkę.

Z szczególną radością witamy przybycie gości z Królestwa, delegata Departamentu Wyznań i Oświaty Rady Stanu, tej pierwszej władzy proklamowanej Polski; witamy ich sercem przepelnionem najpiękniejszymi nadziejami.

Witam także gości z naszego Śląska; żałuję, że nie mogę powitać przedstawicieli trzeciej naszej dzielnicy.

Witam dalej reprezentantów Towarzystw oświatowych o równych lub pokrewnych z nami celach, którzy przybyli, aby razem z nami pracować, a między którymi widzę Wiceprezesa nowego Instytutu pedagogicznego.

Witam reprezentantów prasy, której bardzo wdzięczni jesteśmy za to, że tak chętnie popiera nasze cele.

Witam wreszcie wszystkich tych, którzy, chociaż nie związani bezpośrednio z naszym Towarzystwem, przybyli tu interesując się naszą pracą, za co im się serdeczna od nas należy podzięką.

## Zagajenie Zjazdu.

Tłem, na którym uwydatnią się dzisiejsze nasze obrady, są wypadki dziejowe, których nie tylko świadkami jesteśmy, ale w pośród których powołani jesteśmy — od lat wielu po raz pierwszy — do czynnego udziału w ukształtowaniu się naszych losów w niedalekiej przyszłości.

Dążenia i nadzieje, któremi podtrzymywaliśmy się przez cały długi wiek, są bliskie urzeczywistnienia. Jeszcze piętrzą się trudności, horyzont nam się niejednokrotnie zaciemnia, to znowu rozjaśnia; jedno wszakże jest pewnem, to jest, że idea niezależnej Polski, podniesiona manifestem państw centralnych, stwierdzona przez państwa porozumienia, uznana przez państwa neutralne, a więc nigdzie i przez nikogo nie zaprzeczona, wykreślić się nie da z dziejów chwili obecnej i prędzej czy później zrealizowana będzie.

Ten stan rzeczy, to bliskie urzeczywistnienie naszych głęboko i bezustannie w sercu żywionych pragnień, nakłada na stan nauczycieli polskich trudne co prawda ale szczerne, a z ufnością i wiarą pokonać się dające obowiązki.

Byłoby to uroszczeniem, którego nie mógłbym sobie darować, gdybym, stawając dziś po raz pierwszy przed Zjazdem

nauczycielstwa, w którym bierze udział tyle znakomitych i doświadczonych sił, chciał, choćby we formie najogólniejszej, kreślić kierunek naszych prac i obrad. Będzie to przedmiotem referatów, jakie postawiliśmy na porządku dziennym Zjazdu, a w których kwestye te na podstawie doświadczeń i wiedzy wielostronnie będą rozbierane i Waszej decyzji poddawane. Wszakże wolno mi może stwierdzić, że wypowiadając w kwestiach szkolnictwa oparte na miłości Ojczyzny i doświadczeniu zdania i postulaty, niczem innem kierować się nie możemy, jak tylko hasłem: *Salus Reipublicae suprema lex esto...* Różnić się możemy ze względu na sposoby organizacyi, na metody, które zastosować należy, na systemy, które przyjąć nam wypadnie, — możemy nawet błdzić w jednym lub w drugim kierunku; jednak co do tego dopiero wypowiedzianego hasła nie różnimy się, jesteśmy jedni skądkolwiek przebywamy. To stwierdzić możemy z całą stanowczością. Przekonanie, że pracujemy dla siebie, że nam nikt obcy z góry praw dyktować nie będzie, doda nam otuchy i siły, ale też zwiększy naszą odpowiedzialność wobec swojego społeczeństwa. Powodzeniem szczycić się będziemy, ale winę niepowodzenia nie będziemy mogli złożyć na nikogo innego, a to nas powinno skłonić do tem większej przeczności.

Rzut oka na stan aktualny przekona nas, że w bilansie naszego szkolnictwa, w porównaniu do minionego okresu, możemy zanotować niejedną pozycję dodatnią, że jednak niestety nie brak i ujemnych.

Rozpoczynając od Królestwa, do wielce dodatnich zaliczyć nam wypada symptom, że szerokie warstwy tam, od pierwszej chwili, gdy znikły więzy nakładane przez biurokracyę rosyjską, nie zwlekając ani chwili, z niezmierną energią, w czasie, gdy jeszcze na niwach naszych nie ulotnił się zapach prochu, rozwinęły żywą działalność w kierunku zakładania i organizacyi szkół niższych i średnich i że ta działalność nie tylko nie słabnie, lecz ile możności wzrasta, że wydawnictwa szkolne w tysiącach po kraju rozchodzą się egzemplarzy, że Macierz Polska odżyła i pracuje nie tylko w Warszawie i okupacyi niemieckiej, ale rozciąga swą działalność także na okupacyę austriacką, że w Warszawie utworzoną została przez samo społeczeństwo, obok funkcjonujących już Uniwersytetu, Politechniki i Kursów



o poziomie akademickim, Szkoła dyplomatyczna, że samorzutny odruch, objawiający się w tworzeniu gęstej sieci szkół polskich ogarnął także warstwy ludowe, które dotąd były bardziej obojętne. Do objawów dodatnich zaliczyć możemy także usunięcie z programu szkół ludowych w obszarze okupacji austriackiej obowiązkowej nauki języka niemieckiego, nie dlatego, jakobym przeczył pożyteczności dla nas nauki tego języka, lecz dlatego, że nie szkoła ludowa jest miejscem, w którymby on właściwą swą misję spełnić zdołał. Z zadowoleniem podnieść należy, że w zajęтым przez okupację austriacką obszarze obowiązki nauczycielskie powierzono siłom rodzimym pod nadzorem wypróbowanych inspektorów polskich.

Do stanu biernego wstawić musimy pod tym względem stan w okupacji niemieckiej, gdzie — jak dotąd — szkoła ludowa utrzymywaną jest w ścisłej zależności od władzy okupacyjnej, gdzie do szkół żydowskich wprowadzono żargon a polski język systematycznie bywa pomijany.

W zakresie szkół fachowych radować się możemy utworzeniem Akademii rolniczej w Puławach, która oby wskrzesiła dawne tradycje, a w zakresie popularyzowania nauk — nawiązaniem kontaktu naszej dzielnicy z Królestwem przez odbywanie wykładów powszechnych uniwersytetu lwowskiego w Lublinie.

Zbyt świeże są jeszcze wydarzenia warszawskie z 1. i 3. maja, zbyt szczupłe wiadomości, jakie nas o nich dochodzą, aby możebny był bezstronny o nich sąd. Wolimy więc na razie przypuszczać, że wywołane one zostały naturalnem napięciem samego dotąd trwającego stanu wojennego aniżeli głębiej sięgającymi zbyt daleko idącymi zapędami władzy. Trudności położenia, w jakim znajduje się ludność Królestwa, są wielkie. Ile wyrozumiałości, zaparcia się, ile taktu i zimnej krwi położenie to wymaga, pojmie każdy, kto porówna treść zapowiedzi manifestu z 5. listopada, wskrzeszenie uniwersytetu i politechniki i inne podobne objawy ze stanem faktycznym, który z owymi faktami w rażącej często zostaje sprzeczności. Jest to jakby odbicie obrazu, jaki przedstawiają stronnictwa w parlamencie niemieckim: z jednej strony dążność poprzestania na stanowisku obronnem, z drugiej tendencje agresywne i zaborcze. Przetrwaliśmy tyle nieszczęść i klęsk, Bóg nam dopomoże,

że i z tych zapasów wyjdziemy nie tylko obronną ręką ale zwyciężko.

Szczególnie smutno przedstawiają się — o ile nasze wiadomości sięgają — stosunki szkolnictwa polskiego na Litwie. Działa tu obok niedostatecznej ilości nauczycieli polskich, brak poparcia ze strony władzy okupacyjnej

szczególnie niedopuszczanie przejścia nauczycieli polskich z Królestwa, zamknięcie uniwersytetu ludowego założonego miejscowymi siłami, popieranie szkół niemieckich. Mimo to wszystko nasze społeczeństwo tamtejsze nie opuszcza rąk i, jak dochodzą wieści, krząta się w dziedzinie szkolnictwa gorliwie i skutecznie.

Z zaboru pruskiego również nic pocieszającego nie mamy do zanotowania. Nic się tam w szkolnictwie na lepsze nie zmieniło. Ze słów p. Wilmsa wygłoszonych w parlamencie dowiedzieliśmy się, że dzieciom naszym wolno uczyć się religii po polsku — w domu! Czy to ma być koncesya?

W Galicyi na pierwszy plan wysuwa się zmiana w kierownictwie naczelną władzą szkolną krajową. Jako zastępca Jego Eksc. Namiestnika w sprawach szkolnych stanął mąż, powitany przez nas wszystkich z jednomyślnem zaufaniem i przychylnością. Wyszedł on z grona tej naszej ukochanej prastarej Wszechnicy Jagiellońskiej, której Senat jeszcze niedawno w pamiętnym akcie z r. 1914 przystąpił śmiało do dyagnozy niedomagań szkolnictwa naszego i udzielił na troskliwem ich zbadaniu opartych rad, podnosząc szereg haseł pedagogicznych. Roztropność i energia, z jakimi Pan Wiceprezydent rozpoczął swe urzędowanie w tym samym duchu, tak w kierunku umysłowego i fizycznego wychowania młodzieży jakoteż w interesie ułatwienia stanowi nauczycielskiemu ciężkiego, zwłaszcza w obecnych chwilach, zadania, uprawniają nas do tego, że ze spokojem i otuchą spoglądamy w przyszłość, a możemy to tem łatwiej, że jak wiemy z najnowszych enuncyacji, między J. E. p. Namiestnikiem a jego zastępcą w sprawach szkolnych istnieje zgodność zapatrywań i zamiarów, która nam daje gwarancję, że sprawy wychowania ze świadomością celu a pominięciem rutyny biurokratycznej jak najlepiej będą pokierowane. Oczekiwaniom tym dawaliśmy niejednokrotnie wyraz w naszym organie, i mamy pełne przekonanie, że się ziszczą w zupełności.

Przejścia wojenne, których bezpośrednią widownią były i są dotąd kraje polskie, wywołały między młodzieżą polską, przerzucaną z miejsca na miejsce, pozbawioną swych uczelni i nauczycieli, stosunki, które ciężką troską napelniały ich wychowawców. Trzeba było obmyśleć sposoby, aby ile możliwości uchylić szkodliwe skutki przerwy nauki i rozluźnienia łączności rodzinnej, trzeba było młodzieży dać zajęcie, które pożyteczne dla jej przyszłości, dopomogłoby jej zarazem do przetrwania bez szkody dla siebie ciężkich przejść wojennych. Stwierdzić należy, że nauczycielstwo nasze, chociaż samo znalazło się w bardzo ciężkich warunkach, wedle sił spełniło to swoje zadanie. Urządzano kursa wakacyjne, organizowano kółka naukowe i warsztaty praktyczne, a usiłowania te przyjmowała młodzież chętnie, garnąc się do nich. Z zadowoleniem można stwierdzić wogóle, że młodzież szkół średnich okazuje wiele zrozumienia wyjątkowych warunków, w jakich się znalazła, o czym świadczy między innymi niespodziewany zgoła rezultat akcji szkół galicyjskich na potrzeby ogólne, na rzecz Czerwonego Krzyża, pożyczek wojennych i t. p.

Część dzielnic naszej: Pokucie i Ziemia Tarnopolska jeszcze zajęta jest przez wojska nieprzyjacielskie. Co się tam dzieje z naszymi szkołami i ich pracownikami, co z młodzieżą, która tam pozostała, o tem wiadomości nie mamy, a tylko rzadko dochodzą nas wieści, których wiarygodności sprawdzić nie można.

Obawiam się, że znużyłbym Szan. Zgromadzenie, gdybym się chciał zapuszczać w dalsze szczegóły. O tem, co nam przyniesie najbliższa przyszłość, jak się ukształtują losy nasze, w dzisiejszej chwili orzekać trudno. Ale to jedno powiedzieć sobie musimy, że dziś już działalności naszej w zakresie szkolnictwa w granicach dzielnic zamykać nam nie wolno! Hasłem naszym powinna być jednolita szkoła polska bez względu na obszar, w którym się tworzy lub znajduje.

\*

Wiceprezydent Rady szkolnej krajowej, dr. F. Zoll:

Wiemy, czujemy to wszyscy: Czekają nas ogromne zadanie: odrodzenie. My Rada szkolna, my nauczycielstwo, my wszyscy mamy je przygotować. My mamy uprawić nowy ugor, my



zdrowe ziarno weń posiać, my — wychować nową generację. Ale nadewszystko: Powinniśmy kształcić i rozwijać cnotę, „virtus“ męstwo, siłę woli, hart ducha, „bo cnota to klejnot drogi, którego nie wydrze nieprzyjaciół srogi, nie spali ogień, nie zabierze woda, nad wszystkim innem panuje przygoda“.

I dotąd cnoty nie wydarto. Przed tylu laty zabrano nam miecze, ale nie wydarto i nie zdołano złamać ducha. Mieliśmy wielkich nauczycieli i ciągle ich mamy — bo oni nieśmiertelni — Mickiewicz, Krasiński, Słowacki i ten czwarty, co niedawno zamknął oczy w Szwajcaryi. Ale wielką ich spuściznę należy wszczepiać w młodzież, ich ducha utrzymywać, zrobić go tak twardym jak stal, jak te miecze, które nam teraz zwracają.

A to zadanie — kto je ma spełnić? Nie kto inny jak liczne rzesze naszego nauczycielstwa.

Zadanie ogromne, a warunki jak najgorsze: Strach pomyśleć, jak przerzedzone szeregi nauczycieli — a na tem jeszcze nie koniec; budynki i urzędnictwa szkolne zniszczone, zabrane lub zajęte — nie ma gdzie uczyć; był materyalny nauczycieli tak bardzo podkopany i smutny — wszak nawet brak chleba; a Rada szkolna mimo usilnych starań stosunkowo tak mało pomódz może.

Pomimo tych twardych warunków nauczyciele cel swój osiągną, zadanie spełnią, bo w nas jest zapał, są ideały, my mamy wielkie posłannictwo, my wiemy, że się odrodzić musimy; my więc przetrzymamy, my zwyciężymy.

Trzeba nam jednak: Wiary i Zgody. Sursum corda! Wierzy w nasze posłannictwo, a zapalmy się tym świętym Ogniem, który tchnie z Ody do młodości. Wszak wszyscy musimy być młodzi w tej pracy nad odrodzeniem. „Zestrzelmy myśli w jedno ognisko i w jedno ognisko duchy!“ I członkowie Rady szkolnej krajowej i nauczyciele i to Wasze Towarzystwo i wszyscy, coście tu przybyli lub przybyć nie mogli, wszyscy starzy, młodzi i młodsi; Wszyscy razem, zgodnie i łącznie do jednej wielkiej pracy ku odrodzeniu!

W tej myśli witam Wasze zebranie i życzę pracom Waszym najlepszych wyników. „Szczęść Boże“.

\*

Profesor Uniw. Jagiellońskiego J. Chrzanowski zgłosił niemiłkającymi oklaskami przyjętą rezolucję:

Solidaryzując się z poglądem nauczycielstwa polskiego, zebranego na niedawnym zjeździe w Warszawie, że „szkoła narodowa może rozwijać się odpowiednio do potrzeb społeczeństwa jedynie w wolnym i niepodległym państwie polskim“, nauczycielstwo polskie, zgromadzone w Krakowie na dorocznym zjeździe Towarzystwa nauczycieli szkół wyższych, uznaje, że szkolnictwo polskie tylko na niepodległej ziemi polskiej wzrastać i kwitnąć może; to też wyraża cześć i podziękę przedstawicielom narodu, którzy bronili tego stanowiska, bronią i, da Bóg, obronią.

Sekretarz Towarzystwa p. Makowski odczytuje nadesłane telegramy i pisma:

Ekscellencya Ks. Arcybiskup Józef Bilczewski.

Dziękuję serdecznie za łaskawe zaproszenie mnie imieniem Zarządu głównego Towarzystwa nauczycieli szkół wyższych na tegoroczne Walne Zgromadzenie Towarzystwa. Żałuję, że nie mogę w nim wziąć udziału, bo mam w tym czasie uroczyste nabożeństwa w kościele. Bardzo obradom Czcigodnych Panów błogosławię i życzę najlepszych wyników.

Magnificencya Rektor dr. Twardowski (Lwów).

Nie mogąc przybyć osobiście zasylam Zjazdowi członków i Walnemu Zgromadzeniu imieniem Uniwersytetu lwowskiego gorące życzenia owocnych obrad i skutecznego współdziałania około stworzenia obejmującego cały naród szkolnictwa polskiego.

Uniwersytet Warszawski, Rektor.

Pismo JWPanów zapewne z winy utrudnionej komunikacji pocztowej otrzymałem już po terminie Zjazdu, przesyłam więc wyrazy podziękowania za łaskawe zaproszenie, z którego niestety skorzystać nie mogłem, i życzenia, by prace Zjazdu wydały w czasie najkrótszym plon najobfitszy.

Sekretarz J. Eksceł. Namiestnika Galicyi.

Jego Ekscellencya Pan Namiestnik polecił mi podziękować Panom najserdeczniej za łaskawe zaproszenie na Walne Zgromadzenie a zarazem oznajmić, że z powodu urzędowych wyjazdów 27. i 28. w Krakowie nie będzie i udziału w Zgromadzeniu wziąć nie może.

Wojciech Górski, nestor dyrektorów prywatnych szkół średnich w Królestwie, przesłał z Warszawy następujący telegram (po niemiecku):

Żałuję, że niepomysłne okoliczności nie pozwoliły mi przybyć na odbywający się właśnie Zjazd nauczycielski. Zbliżenie się pedagogicznych dwu dzielnic wzmocni wspólną naszą pracę dla narodu. Sercem i myślą

jestem z Wami, czcigodni Panowie! Przewodniczącemu Zjazdu i wszystkim szanownym uczestnikom zebrania przesyłam najserdeczniejsze pozdrowienia.

Mec. Bernard Chrzanowski, (Poznań).

Niestety przyjechać nie będę mógł, gdyż leżę w klinice a i w czasie Zielonych świąt nie wiem, czy zdrowie by mi pozwoliło. Poza tem jest i druga może ważniejsza przeszkoda. Wątpię, abym otrzymał pozwolenie. Staram się już wynaleźć innego gościa, lecz trudno o niego wogóle ze względu na wymienioną przeszkodę. Piszę kartę, gdyż listy do Lwowa bardzo długo jadą.

Radca rządu (Dyrektor gimnazjum stanisławowskiego) dr. M. Jęzieniecki z Wiednia:

Imieniem nauczycieli szkół średnich Polaków we Wiedniu przesyłam zebraniu obradującemu dla dobra naszego szkolnictwa i ojczyzny najserdeczniejsze pozdrowienia.

## I. Referaty.

P. Kielski Bronisław (Kraków)

wyłosił obszerny referat\*) p. t.: Główne problemy polskiego szkolnictwa średniego (Zarys programu prac), z którego wysnuł następujące wnioski:

1. Celem prowadzenia wspólnej akcji przygotowawczej w kierunku należytego, na wspólnie opracowanych podstawach opartego zorganizowania przyszłej polskiej średniej należy powołać do życia organ pośredniczący dla porozumiewania się między T. N. S. W. a nauczycielstwem w Królestwie Polskiem;

2. celem osiągnięcia jednolitości na polu prac teoretycznych, należy zorganizować stałe porozumienie z Instytutem pedagogicznym i w tym celu zwrócić się do wydziału Instytutu z propozycją ustanowienia wzajemnego przedstawicielstwa w łonie wydziałów Instytutu i Koła krakowskiego T. N. S. W.;

3. zorganizowanie systematycznych kursów dla uzupełnienia wykształcenia zawodowego nauczycieli oraz utworzenie komisji redakcyjnej dla wydania polskiego *vademecum* pedagogicznego;

4. zorganizowanie przy każdym Kole T. N. S. W. komisji odczytów dla publiczności o charakterze pedagogicznym;

\*) Referat będzie drukowany w „Muzeum“.



5. zorganizowanie takiejże instytucji dla kształcenia pozaszkolnego młodzieży drogą popularnych wykładów.

\*

Radca R. Zawiliński (Kraków):

### Ustrój przyszłej szkoły polskiej.

Może nareszcie nadejdzie chwila, kiedy naród nasz będzie mógł swobodnie stanowić o sobie i zwróci się z całym już okazywanym zapalem ku organizacji szkoły swojej, mającej mu zapewnić przyszłość. Szkoła nie może być ani niemiecka, ani austriacka a tem mniej rosyjska, nie dlatego, jakoby te szkoły nie miały w sobie wiele dobrych pierwiastków, ale dlatego, że nowa szkoła musi być narodową to jest polską, zastosowaną do ideałów i potrzeb narodu polskiego.

Mówiąc o ideałach nie mamy na myśli ideałów jednostkowych, nawet tradycji rodzinnych, ale mówimy o ideale narodowym powszechnym, który Bolesław Prus określił jako „doskonałość umysłową i fizyczną a przez nią najwyższą użyteczność publiczną, z której dopiero wykwiata osobiste szczęście”. (Najogólniejsze ideały życiowe). Nie może wytworzyć doskonałości umysłowej jednostronny intelektualizm, panujący dzisiaj w szkole średniej, nie osiągnie jej również uniwersalizm, hołdujący zasadzie *ex omnibus aliquid* . . . , a tem mniej indywidualizm, uwzględniający nawet kaprysy dziecka. Nie może zdobyć doskonałości fizycznej młodzieniec przykuty do ławki szkolnej 5—6 godzin przed południem, a tyleż jeżeli nie więcej popołudniu siedzący w domu nad przygotowaniem się do lekcji dnia następnego, i to w wieku wzrostu i gwałtownych przemian cielesnych. O ile doskonałość umysłową osiągnąć można tylko wtedy, jeżeli szkoła rozwinie w młodzieży nie jedną tylko siłę ducha, nie rozum sam lub samo uczucie, ale zarówno rozum, uczucie, jak pamięć i wyobraźnię, jeżeli zahartuje wolę i uszlachetni serce — o tyle doskonałość fizyczną zyska się przez stosowne ćwiczenia, sporty, gry, pracę ręczną i znajomość higieny, dziś tak strasznie zaniedbanej. Osobliwą też wagę położyć należy na wychowanie etyczne, na wykształcenie i zahartowanie woli, wytworzenie jasnego poglądu na świat i cele życia.

Takie muszą być ideały; a jakież życia potrzeby?

Jakie potrzeby może mieć naród, którego cechą analfabetyzm? Podług atlasu Polski Romera na 10 gubernij Królestwa Polskiego analfabetów 50—75% ma gubernij 9, a w jednej tylko ten % wynosi 25—50%; do tej samej kategorii należy i Galicya wschodnia, chociaż daty jej odnoszą po większej części nie do narodowości polskiej, a nawet Galicya Zachodnia ma procent analfabetów 5—25%. Obok tego ma „hiperprodukcję“ inteligencji t. zn. ludzi, którzy ukończywszy gimnazjum klasyczne cisną się na uniwersytet i szukają celu życia w służbie urzędowej; wykształconego stanu średniego: kupców, przemysłowców, rzemieślników itp. prawie nie mamy, bo do szkół zawodowych idą niedobitki z gimnazyów, patrzący z zazdrością na kolegów, którym się otwarły podwoje uniwersytetu.

Jest tedy rzeczą niewątpliwą, że naród nasz dążyć musi do posiadania milionów ludzi oświeconych, setek tysięcy ludzi wykształconych a tylko tysiący, a najwyżej dziesiątek tysięcy ludzi uczonych.

Czegóż potrzeba, aby być obywatelem oświeconym?

Wystarczy ukończenie należycie zorganizowanej szkoły pospolitej, obejmującej mniej więcej 6 lat nauki (rok życia 8—13). W tym przeciągu czasu powinno dziecko obu płci nauczyć się tego, co każdy obywatel kraju umieć powinien tj. czytać, pisać i rachować, i tego, co każdy wiedzieć powinien tj. poznać kraj swój ojczysty. W tę część drugą weszłaby tedy historia ojczysta (przeszłość), geografia i obraz stosunków obywatelskich obecnych (teraźniejszość). Z geografią połączyłby można obraz rodzimej fauny i flory, uzupełniony stosownymi ustępami w czytankach.

Środkiem takiej nauki musi być przedewszystkiem tzw. pogłębliwość, a więc rozwijanie spostrzegawczości i rozwijanie zdolności umysłowych, bez przeciążania pamięci i szczególnego oddziaływania na wyobraźnię. Niezbędneby tu było ograniczenie czasu nauki do 2—3 godzin dziennie, usunięcie zbytecznej pisaniny, bezcelowego siedzenia, i tym sposobem marnowania sił fizycznych i czasu. Usiłowanie stworzenia ze szkół pospolitych encyklopedyi nauk i wiadomości jak jest ze stanowiska praktyczności szkodliwe, tak ze stanowiska pedagogii budzi uśmiech politowania.

Nauka dopełniająca dla tych, którzy na stopniu oświeconych pozostać mają, objęłaby w dwu do trzech latach (r. życia 14—16) przede wszystkim praktyczną naukę rolnictwa, ogrodnictwa, pszczelnictwa — na wsi, a rzemiosł, gospodarstwa domowego, szycia, robót — w mieście.

Uniwersytet ludowy miałby zadanie przez peryodyczne wykłady, powiązane w serye, uzupełniać wiadomości nabyte w szkołach a częściowo je i rozszerzyć, z uwzględnieniem potrzeb życia obywatelskiego.

Obywatel lub obywatelka z takim wykształceniem, popartem samokształceniem, słusznie by się nazywała oświeconą.

Szkoła średnia ma wydać obywatela wykształconego. Naturalnie, że wykształcenie to musi się oprzeć na wiadomościach elementarnych, uzyskanych w szkołach pospolitych, ale tylko na tych rzeczach podstawnych, które są potrzebne do dalszego rozwoju umysłowego. Czy uczeń nabył tych wiadomości w domu, drogą nauki prywatnej, czy w szkole, rzecz to najzupełniej obojętna.

Aby się nazywać człowiekiem wykształconym, trzeba posiadać nie tylko gruntowne wiadomości o kraju ojczystym, ale o całym świecie cywilizowanym, szczególnie o narodach europejskich. Nadto poznanie czynników kultury, między nimi przynajmniej jednego języka klasycznego i języków nowożytnych, tworzy niezbędny środek wykształcenia średniego. Ze względu na cel ogólny nie można tu dawać przewagi żadnemu czynnikowi: szkoła średnia, tworząca obywatela ogólnie wykształconego nie może dawać przewagi ani językom starożytnym, ani naukom przyrodniczym lub technicznym; musi też mieć na oku i ten fakt, że równe wykształcenie ogólne otrzymać mają chłopcy i dziewczęta.

Jak sobie taką szkołę średnią wyobrażamy, podamy poniżej; tu tylko zaznaczamy, że na gruncie rzeczy swojskich ojczystych, rozwijać ma powoli znajomość rzeczy obcych i sposobu do rozumienia nie tylko stosunków najbliższych, ale zagadnień całego świata cywilizowanego. Nie sposobi tedy zawodowo, ale ogólnie, nie przeznaczając z góry do pewnego urzędu czy zawodu, ale kształci przygotowawczo do wszystkich.

Dopiero po ukończeniu takiej szkoły (6-klasowej) podług okazanych zdolności i skłonności wybierałby uczeń drogę kształ-



cenia się zawodowego. Studya średnie rolnicze, handlowe, przemysłowe, wojskowe, seminaria nauczycielskie, i praktyki aptekarskie, kolejowe, pocztowe itp. stałyby uczniom otworem po ukończeniu takiej szkoły średniej.

Obywatele z takim wykształceniem nazywaliby się słusznie wykształconymi, i do zawodu swego przysposobionymi. Tą samą drogą idzie aż dotąd młodzież, która na mocy okazanych i rozwiniętych zdolności i środków pragnie zdobyć wykształcenie wyższe, albo nawet poświęcić się badaniom naukowym. Nie wszyscy tedy, ale pewna część uzyska nawet miano uczonych. Nie potrzeba tu dodawać, że to wykształcenie wyższe musiałyby dawać szkoły specjalne i uniwersytety, i że do tego wykształcenia dopuszczaćby można tylko naprawdę uzdolnionych i utalentowanych. Bo jeżeli pewna służba publiczna wymaga od obywatela wykształcenia tzw. średniego, są natomiast urzędy i stanowiska, na które dostać się powinny tylko jednostki wyborowe, szczególnie utalentowane i stosownie wykształcone. To też za jedną z wad organizacji naszych szkół średnich uważamy to zarządzenie, że każdemu abiturjentowi, który nawet z biedą (większością głosów!) zdał tzw. maturę, pisze się, że jest „dojrzałym do studyów uniwersyteckich“!...

Można przecież ukończyć 8- czy 9-klasową szkołę średnią, a nie być „dojrzałym“ do studyów uniwersyteckich; można posiadać wiele, nawet bardzo wiele wiadomości, pamięciowo opanowanych, a nie posiadać uzdolnienia do badań naukowych. A przecież nie inaczej musimy patrzeć na uniwersytety, jak tylko jako na pracownie naukowe, i to na każdym wydziale.

Nie chcąc <sup>1)</sup> obniżać poziomu intelektualnego w narodzie, ale go owszem pragnąc podnieść, należy uznać wykształcenie uniwersyteckie za dostępne dla umysłów wybranych, dla głów naprawdę utalentowanych, i nie przez szkołę średnią w dzisiejszem rozumieniu, lecz przez specjalny kurs (dwu- lub trzechletni) do tego przysposobionych. Inaczej stosunek się zwichnąć musi, a naród będzie żył pozorami oświaty.

Jądro narodu tworzą masy rolnicze, robotnicze i rzemieślnicze; całe te masy powinny być oświecone, a liczne między niemi jednostki — przewodcy — nawet wykształcone. Kto ma

<sup>1)</sup> Odtąd prawie do końca referatu była ta część z pewnemi zmianami drukowana w zesz. 2. „Muzeum“ w r. 1912.

dać wieśniakowi nauczyciela, robotnikowi dozorcę i kierownika, żołnierzowi oficera, jaka szkoła ma wydać wykształconych przemysłowców, kupców, przedsiębiorców, całe zastępy urzędników niższych itp. itp.? Wydają ich szkoły zawodowe niewątpliwie, o ile dziś już oceniamy wartość tych szkół rolniczych, przemysłowych, handlowych; ale ci wszyscy ludzie obok tego, że będą zawodowcami, ponad to będą przede wszystkim ludźmi i obywatelami kraju, mającymi tworzyć warstwę średnią, inteligentną, ale nie uczoną.

Wydać ich musi szkoła średnia nowa, dla wszystkich przystępna, szkoła taka, któraby wypuszczała wychowanków swoich jeszcze w latach chłopięcych, i pozwoliła im na różnych drogach zdobyć sobie wykształcenie zawodowe, o ile nie będą sposobni do studyów wyższych. Ona ich powinna kwalifikować; przez kilka lat kształcić ich i rozwijając prawie od dzieciństwa, może wydać sąd o ich zdolności i wraz z rodzicami pokierować tak młodzieńcem, aby „jemu było później w życiu dobrze i aby z nim było dobrze“.

Celem uniknięcia niepedagogicznego, a w skutkach często zgubnego wyboru zawodu przez rodziców już w 10 roku życia dziecka, musi przyszła szkoła średnia być jednolita, t. zn. nie może z góry przygotowywać do uniwersytetu lub politechniki, musi wszystkich wychowanków kształcić równo i przygotowywać wychowaniem do życia. Ze względu na to, że życie nasze jest za krótkie, aby rzeczom i stosunkom odległym poświęcać lwią część czasu szkolnego, nie może się szkoła średnia opierać na nauce języków i to tylko klasycznych, nie może wysuwać na plan pierwszy rozwoju tylko umysłu i gromadzenia wiedzy. T. zw. wykształcenie polega (podług znakomitego filozofa Fryd. Paulsena<sup>1)</sup>) nie na posiadaniu wielu wiadomości, ale na posiadaniu żywych sił poznawania i działania; wiadomości bowiem same są tylko materiałem wykształcenia i nie chodzi o ich ilość, ale o wewnętrzne przetworzenie i zużytkowanie. Pewną ilość wiedzy można każdej głowie przyswoić, ale o ile ona nie wpłynie kształcąco; da połowiczne wykształcenie, złożone z fragmentów wiedzy narzuconej.

To też w nowej szkole średniej materiał naukowy, wymagający opanowania pamięcią, musi być zredukowany do mi-

<sup>1)</sup> Das moderne Bildungswesen (w Allg. Grundl. d. Kultur d. Gegenwart I. 1).

nimum, musi to być szkoła nie zadawania i egzaminowania, ale szkoła pracy, w której nauczyciel będzie przodownikiem, kierownikiem, doradcą i wszystkim innem, tylko nie egzekutorem i sędzią.

Nowa szkoła średnia, uwzględniając w szerokiej mierze rozwój wychowanków fizyczny, może tylko tym sposobem utrzymać równowagę między nim a rozwojem duchowym, że ograniczy ilość przedmiotów do rzeczy prawdziwie kształcących, a przede wszystkim bliskich i swojskich w myśl zasady: cudze wiedzieć dobrze jest a swoje potrzeba. Gruntowna znajomość przeszłości narodu, ziemi, na której się żyje, stosunków gospodarczych i handlowych, całej otaczającej nas przyrody i zjawisk świata naszego, jest dla człowieka wykształconego nieodzowna. Rzeczy obce idą po swoich; na ich gruntowne poznanie w miarę potrzeby i zamiłowania miejsce będzie w studium późniejszym. Szkoła nowa musi być w tym względzie wybitnie narodowa.

Wreszcie nowa szkoła średnia musi zwrócić baczną uwagę na wychowanie młodzieży i wyzyskać wszelkie możliwe środki do zasiania w serca ziarna szlachetnego a dzielnego charakteru. Kształcenie woli w młodzieży, tej najwięcej zaniedbanej u nas części duszy, tworzyć musi wybitny punkt w programie wychowawczym, obok rozwijania i doskonalenia altruizmu.

Stanać tedy musi na podstawie moralności chrześcijańskiej — ale tej rzetelnej, która podług Förstera, nie da się nauczyć, ale która polega na kształceniu i ćwiczeniu zdolności i sił, wytwarzających moralny porządek życia, nie na kazaniu o cnotach i ich potrzebie.

Z powyższych rozważań wynika, że żadna dzisiejsza szkoła średnia temu zadaniu nie odpowiada. Musimy sięgnąć po formy nowe.

Szkoła średnia nowa odpowiadałaby mniej więcej klasie I—VI. dzisiejszych szkół gimnazyalnych i realnych, ale z zaokrąglonym programem. Wziąwszy ucznia ze szkoły pospolitej, rozwijałaby go przede wszystkim obok religii na gruncie języka, geografii i historii ojczystej tak dalece, że tym przedmiotom przyznaneby było dominujące stanowisko. A że naród nasz musi się liczyć z sąsiadami, stawałaby na drugim planie nauka języka niemieckiego (lub rosyjskiego), a dla utrzymania tradycji kulturalnej nauka języka łacińskiego; celom praktycznym służyłby



język francuski. Jeżeli do tego dodamy, że matematyka z fizyką i naukami przyrodniczymi tworzyłyby poważną dla siebie grupę, że rysunki musiałyby być obowiązkowe dla wszystkich przez wszystkie klasy — to sądzimy, że suma wiadomości zdobytych w latach sześciu byłaby wcale znaczna a ucznia, który w 16 r. życia taką szkołę z postępem opuści, można by nazwać ogólnie wykształconym<sup>1)</sup>.

Taką szkołę ukończywszy mógłby młodzieniec myśleć dopiero o wyborze zawodowego kierunku. Na tej wspólnej podstawie wychowawczej oparte być powinno wszelkie dalsze kształcenie zawodowe (wojskowe, handlowe i t. p.) a ludzie tym zawodom oddani, nie uważaliby się za wyrzutków z gimnazjum, ale za równo wykształconych i równouprawnionych obywateli, przysposobionych do życia należycie.

Naturalnie, że ta szkoła średnia byłaby podstawą i do wykształcenia wyższego, ale pod określonymi warunkami.

I tak: zamiast egzaminu dojrzałości otrzymywaliby uczniowie klasy najwyższej po jej ukończeniu osobne świadectwo, wykazujące nie postęp w poszczególnych przedmiotach nauki, ale dokładną charakterystykę ucznia pod względem moralnym, umysłowym, fizycznym; a więc świadectwo zdrowia, określe-

<sup>1)</sup> Dla objaśnienia podajemy szkic planu, nie przywiązując don większej wartości w szczegółach, które mogą być zmienione.

#### Plan liceum sześcioklasowego.

Przedmioty naukowe	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	Razem godzin	Przedmioty naukowe	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	Razem godzin
Religia . . . .	2	2	2	2	2	2	12	Rysunki i modelowanie .	2	2	3	3	3	3	16
J. polski . . .	6	6	5	5	5	5	32	Nauka zręczności (roboty ręczne) .	2	2	2	2	2	2	12
J. niemiecki (l. rosyjski)	4	4	3	3	3	3	20	Zabawy . . .	6	6	6	6	6	6	36
J. łaciński . .	—	—	4	4	3	3	14	Śpiew i muz.	2	2	2	2	2	2	12
J. francuski .	—	—	—	3	3	3	9								
Historia powszechna .	—	—	3	2	3	3	11								
Geografia . .	3	3	2	2	1	1	12								
Nauki przyr. i fizyczne .	2	2	2	2	3	3	14								
Matematyka .	3	3	3	3	3	3	18								
Kaligrafia . .	1	1	—	—	—	—	2								
Razem .	21	21	24	26	26	26	144	Razem .	12	12	13	13	13	13	76

nie usposobienia, zdolności, zamięłowania do pewnych prac i nauk, słowem taką charakterystykę, zakończoną ogólnym sądem, czy kolegium nauczycieli uważa go za usposobionego (nie przysposobionego lub dojrzałego) do studyów wyższych lub tylko do zawodów praktycznych, aby rodzice mieli wyraźną wskazówkę i conajmniej 16-letniego młodzieńca skierowali na tę drogę życia, która go najpewniej uczyni dla ojczyzny pożytecznym obywatelem. Niewątpliwie spotkałaby się szkoła niejednokrotnie z oporem rodziców, mających daleko sięgające pragnienia i cele, ale na to niema rady; szkoła w każdym razie uczyniłaby swoje (czego obecnie nie czyni), a na ambitnych rodziców byłby jeszcze środek inny.

Uczeń, skwalifikowany w tej nowej szkole średniej, jako usposobiony do studyów wyższych, udaćby się musiał na jakiś kurs przeduniwersytecki trzechletni. Odpowiadałby taki kurs mniej więcej klasie VII. i VIII. obecnych szkół średnich, ale z programem zupełnie odmiennym i nieodzownym rozdzieleniem na kurs humanistyczny i kurs techniczny<sup>1)</sup>.

#### <sup>1)</sup> Plan trzechrocznego gimnazjum

a) humanistycznego.					b) technicznego.						
Przedmioty		I.	II.	III.	Razem	Przedmioty		I.	II.	III.	Razem
wspólne	Język polski . . . . .	3	3	3	9			3	3	3	9
	„ niemiecki (lub rosyjski) . . . . .	3	3	3	9			3	3	3	9
	„ francuski . . . . .	3	3	3	9	lub angielski . . . . .		3	3	3	9
	Hist. kultury i socjologia . . . . .	4	4	4	12			4	4	4	12
	Rysunki . . . . .	2	2	2	6			2	2	2	6
różne	Język łaciński . . . . .	6	6	5	17	1. Matematyka . . . . .		6	6	5	17
	Język grecki . . . . .	6	6	6	18	2. Fizyka . . . . .		4	4	4	12
	Ćwiczenia prakt. w tych językach . . . . .	3	3	2	8	3. Chemia z ćwiczeniami . . . . .		3	3	2	8
	Proped. filozof. . . . .	—	—	2	2	4. Geom. wykreslna . . . . .		2	2	2	6
		—	—	—	—	5. Encykl. nauk. . . . .		—	—	2	2
Razem .		30	30	30	90	Razem .	30	30	30	90	

Oprócz tego wspólne zabawy i sporty w godz. popołudniowych.

Na tym kursie przedmioty takie, jak język ojczysty, język niemiecki (rosyjski) i francuski — nadto historia kultury z socjologią i rysunki musiałyby być wspólne wszystkim uczniom; oprócz tego na kursie humanistycznym języki klasyczne, na technicznym nauki matematyczno-przyrodnicze zajmowałyby znaczne miejsce w programie. Po ukończeniu tego kursu stosowny egzamin dawałby uczniom świadectwo zdolności do nauk uniwersyteckich lub technicznych, po szczegółowych egzaminach rocznych, decydujących o przejściu na kurs wyższy. Taby był sposób dla nieuzdolnionych do studyów wyższych, aby ich wstrzymać od uniwersytetu, do którego się nie nadają.

Takie kursa wyższe można by nazwać „gimnazjum“, a szkołę średnią 6-klasową „liceum“. Licea powinny istnieć we wszystkich miastach powiatowych — i to męskie i żeńskie — gimnazya tylko w miastach uniwersyteckich i wyjątkowo w miastach większych mających po kilka liceów. Dla wyższego wykształcenia kobiet służyłby po liceum bardzo dobrze kursa wyższe na sposób kursów Baranieckiego zorganizowane i mające w nich wzór godny naśladowania.

Jakaż byłaby korzyść z takiej organizacji nauki szkolnej, jaka jego wyższość ponad stan dzisiejszy?

Najpierw organizacja taka:

1) uwzględniałaby potrzeby narodowe i społeczne, i podniosłaby ogólny stan wykształcenia; 2) ułatwiałaby nabycie średniego wykształcenia wielkiej ilości młodzieży męskiej i żeńskiej; 3) dawałaby przygotowanie wyższe do szkół zawodowych i zawodów praktycznych z prawem służby wojskowej jednorocznej i pozwalała na skrócenie studyów fachowych; 4) daje elem. znajomość łaciny i technikowi; 5) dawałaby społeczeństwu przez szkoły zawodowe inteligentnych pracowników, a nie jak dotąd odpadki ze szkół średnich; 6) umożliwiałaby zwrócenie zdolności we właściwym kierunku i we właściwym czasie (lat 16) i należyte ich wyzyskanie dla dobra społeczeństwa; 7) umożliwiałaby różne postępowanie pedagogiczne i różną metodę nauczania z dziećmi 11—16-letnimi, i z młodzieńcami 17—19-letnimi; 8) dopuszczałaby do studyów uniwersyteckich i technicznych tylko siły wyborowe, jednostki naprawdę uzdolnione, i nie wytwarzała by tak zw. hiperprodukcji intelligencji.

Kończę słowami cytowanego już powyżej Paulsena:



„Dla jednostki ma największą wartość kształcąca to, do czego ją ciągnie chęć i zamiłowanie; chwila dobrowolnej pracy i z niej wydobytego rozwoju więcej znaczy, niż centnar wiedzy ciężko zdobytej, ale nie przyswojonej. Dążenie do równego wykształcenia, ludzi z natury nierówno uzdolnionych, musi wieść do niedokształcenia, przekształcenia lub półwykształcenia i wytwarzać chorobę społeczną, trudną do uleczenia“.

Nad tą nową szkołą musimy tedy pracować usilnie i statecznie; musimy szukać dróg i sposobów, aż je znajdziemy, bo podług słów Konarskiego

Quales sibi format ipsa

Tales habitura res est

Publica cives.

„jakich sobie obywateli wykształci Rzeczpospolita, takich mieć będzie w przyszłości“.

\*

Prezes Stowarzyszenia nauczycielstwa polskiego (Warszawa)  
Józef Stypiński: „Nauczycielstwo polskie w Królestwie“.

W końcu siódmego dziesiątka lat ubiegłego stulecia wprowadzono w szkołach średnich Królestwa Polskiego język rosyjski, jako wykładowy. Od tej chwili, aż do roku 1905 nauczanie działy w języku ojczystym mogło odbywać się tylko potajemnie.

Ze szkoły państwowej systematycznie usuwano dawnych nauczycieli polaków, zastępując ich rosyjanami; doszło do tego, iż w ostatnich kilkunastu latach przed r. 1905 nauczycieli polaków w szkołach rządowych prawie nie było.

Nauczyciele polacy pracowali w nielicznych szkołach prywatnych bez praw (przeważnie żeńskich) lub w tak zwanych kompletach t. j. potajemnych przenośnych szkołach polskich. Gdy od r. 1896 pod zarządem ministerium przemysłu i handlu zaczęły powstawać 7-o klasowe prywatne szkoły handlowe z prawami rządowymi, zakładane przez zgromadzenia kupieckie, wobec braku nauczycieli rosyjan zaczęli posady nauczycielskie obejmować polacy.

Nieliczna garstka nauczycielstwa polskiego w Warszawie skupiała się przy redakcyi „Przeglądu pedagogicznego“, założonego w roku 1882, a następnie w szczupłym lokalu powstałym

w kilkanaście lat później „Kasy oszczędnościowo-zapomogowej nauczycielskiej“.

Wywalczone w r. 1905 prawo tworzenia szkół polskich wywołało w społeczeństwie ogromny ruch w tym kierunku, zwiększyło znacznie zastępy nauczycielstwa polskiego i postawiło przed nim szereg zagadnień, które domagały się rozwiązania. 9. grudnia 1905 r. nauczycielstwo warszawskie przy udziale 145 osób postanowiło zorganizować się w „Stowarzyszenie Nauczycielstwa Polskiego“. Artykuł pierwszy opracowanego statutu Stowarzyszenia brzmi, jak następuje:

„Zważywszy, że tylko przy odpowiednim przygotowaniu i organizacyi nauczycielstwo polskie może spełnić wielkie zadanie narodowego wychowania i kształcenia młodzieży, Stowarzyszenie ma na celu:

1. Doskonalenie i rozwój sił nauczycielskich pod względem obywatelskim, pedagogicznym i naukowym;
2. Wzajemną pomoc Stowarzyszonych tak moralną, jak i materialną;
3. Zabezpieczenie interesów ekonomicznych i obronę prawną Stowarzyszonych.

Od grudnia 1905 r. do 20. czerwca 1906 r. Stow. istniało i pracowało tajnie. Od d. 20. czerwca 1906 r. rozpoczęła się jawna działalność Stowarzyszenia.

Dla zobrazowania liczebnego rozwoju Stowarzyszenia pozwolę sobie przytoczyć kilka dat.

Organizacyjne zebranie Stow. liczyło 145 uczestników; 1. I. 1907 należało do Stow. 564 członków, w rok później w Warszawie i w oddziałach 685 czł. W latach następnych liczba członków stale maleje tak, iż na dniu 1. I. 1912 r. Stow. liczy 599 członków. Od następnego roku jednak już liczebność zaczyna wzrastać i wzrost ten jest do dziś zjawiskiem stałym. Obecnie Stow. liczy około 2000 członków, z czego połowa należy do Centrali Warszawskiej, druga zaś połowa grupuje się w 15 oddziałach prowincjonalnych. — Bilans Stowarzyszenia za r. 1916 t. j. jedenasty od chwili powstania wynosił po stronie czynnej 30247 rb. 88 kop. i tyleż po stronie biernej.

Rok 1905 był przełomowym w dziejach szkolnictwa w Król. polskiem. Prywatna szkoła polska stała się powszechnym zakładem naukowym. Jednocześnie rozpoczęła się praca, mająca

na celu postawienie odrodzonego szkolnictwa polskiego na mocnych, trwałych fundamentach. W pracy tej nauczycielstwo odegrało rolę kierowniczą a Stow. Naucz. P. było terenem, na którym omawiano, przygotowywano i przyoblekano w ostateczną formę projekty reform, plany i programy.

Intensywna praca prowadzona była w licznych stałych sekcjach i ad hoc wybieranych komisjach. Istniejące stałe sekcje: 1) wychowawcza, 2) jęz. polskiego i literatury, 3) historyczna, 4) geograficzna, 5) przyrodnicza, 6) matematyczno-fizyczna, 7) jęz. starożytnych, 8) jęz. nowożytnych, 9) rysunkowa, 10) gimnastyczna, 11) muzyczna i 12) nauczania początkowego nakreśliły sobie szeroki plan działania, mający na celu:

1-o podniesienie poziomu naukowego szkół polskich przez:

- a) opracowanie programów poszczególnych przedmiotów,
- b) ulepszanie metod nauczania,
- c) ocenę istniejących i rękopisów nowych podręczników.

2-o Rozszerzenie i pogłębienie umysłowych horyzontów nauczycielstwa oraz przygotowanie pedagogiczne przez:

- a) odczyty i referaty naukowe,
- b) systematyczne kursy,
- c) wydawnictwa z zakresu metodyki i pedagogii.

W zależności od mniej lub więcej pomyślnych warunków, w których znajdowało się szkolnictwo polskie, mniej lub więcej intensywniej pracowały poszczególne sekcje Stow., gdyż aktualność zagadnień i zadań wpływać musiała na stopień zainteresowania się nimi naszych sfer nauczycielskich. Tak więc sekcje historyczna i geograficzna zaczęły zanikać po usunięciu przez władzę osób „pochodzenia polskiego“ od nauczania tych przedmiotów i wprowadzeniu do nich języka rosyjskiego, jako wykładowego. Odrodziły się one dopiero w latach ostatnich dzięki nowej zmianie warunków. Normalnie i bez wielkich wahań pracowały inne sekcje, działalność ich odbiła się na zewnątrz w programach i wydawnictwach, wewnątrz zaś szkoły wpłynęła w znacznej mierze na podniesienie poziomu nauczania.

W przedwojennej pracy Stowarzyszenia należy rozróżnić dwa okresy: jeden t. zw. wolnościowy, trwający bardzo krótko bo tylko do końca 1907 r. i drugi, okres powracającej reakcji



politycznej rosyjskiej. W okresie pierwszym prace podejmowane przez Stow. dla zbudowania szkoły polskiej mogły być prowadzone publicznie i głośno; okres drugi jest okresem pracy wewnętrznej, nie efektownej, budującej zwolna, lecz wytrwale to, co w innych szczęśliwszych warunkach dałoby się uczynić prędzej i kosztem znacznie mniejszych wysiłków.

Do okresu pierwszego należą dwa Zjazdy, urządzone w r. 1907: Pierwszy Zjazd przyrodników i geografów w Warszawie wpłynął decydująco i przełomowo na sprawę wykładu nauk przyrodniczych i geografii w szkole polskiej. Dzięki pracom tego Zjazdu naukom przyrodniczym i geografii wyznaczono w szkołach polskich właściwe miejsce a, co może bardziej jeszcze podkreślić należy, w nauczaniu tych przedmiotów zastosowano nowe metody, które miały na celu wprowadzenie ucznia w czynny stosunek do nauki, do czego dziś dopiero po upływie lat 10 nawołują wszyscy pedagogowie.

Rezultatem prac drugiego Zjazdu „Historyków i Filologów” było należyte podniesienie poziomu nauczania języka polskiego i literatury oraz historii powszechnej i Polski. — Na proponowany przez Stow. Zjazd ogólnowychowawczy nie można już było uzyskać pozwolenia władz.

Dla ułatwienia pracy sekcyom i poszczególnym członkom Stowarzyszenie zapoczątkowało i stale kompletuje własną bibliotekę, liczącą dzisiaj koło 4000 dzieł, uwzględniając szczególnie dział pedagogiczny;

prowadzi własne pisma pedagogiczne: 1) „Przegląd Pedagogiczny”, który po przejściu w r. 1905 na własność Stowarzyszenia wychodził w Warszawie pod tytułami „Szkoła polska”, „Sprawy szkolne” i „Wychowanie w domu i szkole” a obecnie wraca do swego dawnego tytułu, oraz już w czasie wojny w Lublinie — dwutygodnik pedagogiczny „Szkoła polska”;

wydaje „Książnicę wychowawczą” (dotąd wyszło dzieł 12), wysyła swych członków na studia zagranicę itd.

Czyniąc zadość punktom 2 i 3 artykułu I. swego statutu, Stow. prowadzi biuro pośrednictwa pracy, opracowało warunki umów między nauczycielami i szkołami, posiada Komisję rozjemczą do załatwiania nieporozumień na tle tych umów wynikłych i t. d.

Wybuch wojny i związany z nim kryzys finansowy postawił szkolnictwo polskie, jako prywatne, w położenie bardzo

trudne. Zdawało się, iż to co z takim mozołem budowano od r. 1905, będzie musiało runąć. Zorganizowane w Stowarzyszeniu nauczycielstwo rozumiało niebezpieczeństwo i postanowiło za wszelką cenę uruchomić szkolnictwo polskie; dopięło swego celu, ponosząc dobrowolnie bardzo ciężkie ofiary materialne.

Jednocześnie Stowarzyszenie rozumiało, iż wybuch wojny musi spowodować radykalne zmiany w dotychczasowych warunkach naszego życia narodowego i że w niedalekiej może przyszłości sami będziemy musieli ująć w ręce organizację i ster szkolnictwa.

Na jesieni 1914 r. utworzyliśmy 2 tajne instytucje: Delegację Szkolną, mającą kierować sprawami szkolnymi w chwili bieżącej i Komisję Pedagogiczną, która postawiła sobie jako cel opracowanie zasad organizacji szkolnictwa w niepodległej Polsce.

Wkrótce bieg wypadków dziejowych stwierdził, że inicjatywa ta była jaknajbardziej wskazana i że konieczną było rzeczą przygotowanie nauczycielstwa do spełnienia nowych zadań, związanych z poważnymi zmianami, jakie zaszły w naszym szkolnictwie.

Według planu Komisji Pedagogicznej szkolnictwo powinno być trzystopniowe.

Stopień pierwszy: Szkoła powszechna siedmioletnia ogólnokształcąca, obowiązkowa dla wszystkich dzieci od 7 do 14 lat wieku.

Stopień drugi: a) Szkoła średnia ogólnokształcąca z kursem czteroletnim,

b) Szkoły zawodowe różnych typów (od 14 do 18 lat).

Stopień trzeci: Akademie (uniwersytety, politechniki, instytuty i t. p.).

Do chwili obecnej Kom. Pedag. opracowała całkowicie projekt szkoły powszechnej, drukowany w miesięczniku „Wychowanie w domu i szkole“ w 1915 r. (kwiecień — maj oraz sierpień, wrzesień, październik).

W projekcie tym uwzględniono przede wszystkim zadania wychowawcze szkoły narodowej w Polsce, stopnie i rodzaje szkół w Polsce — wreszcie opracowano program szkoły powszechnej. Obecnie Kom. Pedag. przystępuje do druku projektu organizacji szkoły średniej ogólnokształcącej.

W tem miejscu podkreślić muszę dwie kwestye, uważane przez Kom. Pedag. za pierwszorzędne: 1) w programie szkoły powszechnej położenie wielkiego nacisku na pracę ręczną oraz 2) wprowadzenie do programu nauk zarówno w szkole powszechnej jak i w średniej nowego przedmiotu, nazwanego przez nas „Nauką o Polsce współczesnej“.

Niezależnie od tej pracy natury bardziej teoretycznej Kom. Pedagogiczna zmuszona była, ulegając konieczności i wymaganiom chwili, opracować „Program tymczasowy dla 5-cio oddziałowej szkoły początkowej“ obecnie istniejącej. „Program tymczasowy“ zawiera programy poszczególnych przedmiotów, wskazówki metodyczne oraz wykazy podręczników. Program ten przez Wydział Szkolny Zarządu m. st. Warszawy został wprowadzony do wszystkich szkół początkowych miejskich w Warszawie. Obecnie Kom. Pedag. układa dalszy ciąg „programu tymczasowego“ dla oddziałów VI. i VII. szkoły początkowej.

Komisya Pedagogiczna nie pozostaje wprawdzie w oficjalnej łączności z Departamentem Wyznań i Oświecenia Publicznego Tymczasowej Rady Stanu i z Wydziałem Szkolnym zarządu miasta, faktycznie jednak członkowie Kom. Pedag., będąc czynnymi w powyżej wymienionych instytucjach, utrzymują pomiędzy nimi ideową łączność.

Ustąpienie rosyjan z Królestwa z konieczności pociągnęło za sobą zamknięcie wszystkich rządowych szkół średnich. Obecnie z wyjątkiem paru szkół rządowych, otwartych przez władze austriackie, całe szkolnictwo średnie jest prywatne. Przy silnym współudziale zorganizowanego w Stowarzyszeniu nauczycielstwa zaczęły na terenie Królestwa powstawać miejscowe organizacje, mające na celu ujęcie steru spraw szkolnych w danej okolicy. Powstała tak „Komisya Szkolna Ziemi Radomskiej“, „Płocka Rada Szkolna“, „Komisya Szkolna we Włocławku“ „Centralne Biuro Szkolne w Piotrkowie“ i t. d.

W Warszawie w d. 5. sierpnia 1915 r. zawiązany został Wydział Oświecenia K. Ob.; za zadanie swe Wydział uznał:

1. Utrzymanie szkół i ognisk oświatowych, ich ulepszanie i zapewnienie im rozwoju.
2. Rozciągnięcie opieki społecznej nad wszystkimi szkołami i ogniskami oświatowymi.



3. Pobudzanie jaknajszerszych mas i zrzeszeń społecznych do pracy nad podniesieniem oświaty, szkolnictwa i nauki; skupianie tych prac i zamierzeń w określonym kierunku.

Z chwilą powstania Wydziału Oświecenia, mającego w swym gronie urzędowych przedstawicieli Stowarzyszenia Polsk. Zw. Naucz. i Tow. Naucz. Szkół początkowych poddaliśmy się kierownictwu Wydziału i dostarczyliśmy mu zastępu swych członków jako kwalifikowanych pracowników. Po rozwiązaniu Wydziału Oświecenia w d. 17. lutego 1916 r. inicjatywa w sprawach szkolnych przechodzi znowuż do nauczycielstwa.

Stowarzyszenie Naucz. P. i Polski Związek Naucz. opracowują statut „Delegacyi Egzaminacyjnej” powołanej do przeprowadzenia egzaminów maturalnych w szkołach polskich okupacji niemieckiej; powołują Komisję, złożoną z członków Stow. Związku, Tow. Naucz. pocz. i przedstawicieli innych instytucji społecznych do opracowania statutu „Komisji Oświecenia publicznego”, mającej działać na terenie całej okupacji niemieckiej; łącznie z temiż instytucjami zabiegają, acz bezskutecznie, o zatwierdzenie tego statutu; Stowarzyszenie zwalcza proponowany przez władze okupacyjne projekt „Rady Szkolnej Krajowej”, urzędują w styczniu r. b. wielki Zjazd nauczycielski pod hasłem wychowania narodowego, opracowuje dla natychmiastowego użytku w szkołach miejskich wspomniany wyżej „program tymczasowy i t. d. i t. d.

Zmienione warunki polityczne oraz konieczność stałej współpracy nad aktualnemi zagadnieniami chwili, pouczyły ogół nauczycielstwa szkół średnich o potrzebie tworzenia tylko jednej ale silnej organizacji.

Bliższe zetknięcie się przy realnej pracy wykazało, iż różnice, które w okresie rewolucyi wywołały powstanie dwóch organizacji nauczycielskich tak się zatarły, że nic nie stoi na przeszkodzie do ich połączenia.

Po załatwieniu szeregu wstępnych formalności ostateczne połączenie pod firmą „Stowarzyszenia Nauczycielstwa Polskiego” nastąpiło w d. 2. stycznia r. b.

\*

Prof. Konrad Chmielewski (Warszawa) przedstawił i objaśnił wspomniany w poprzednim przemówieniu „Program nauki o Polsce współczesnej”:

1. Położenie geograficzne ziem polskich w pniu lądowym Europy. Znaczenie tego położenia. Poglądy Romera i Nałkowskiego. Mapa geograficzna Polski współczesnej. Ukształtowanie pionowe i poziome. Rozsiedlenie organizmów. Granice etnograficzne, historyczne i polityczne. Linje dyfuzji. Wpływy wschodnie, zachodnie i południowe.

2. Zarys rozwoju wypadków historycznych, kształtujących Polskę współczesną — jako jednostkę polityczną. Osobowość Polski w gromadzie europejskiej. Udział polaków w pracy cywilizacyjnej Europy. Wpływy Złotej epoki. Idea Jagiellońska. Konstytucja 3-go Maja.

3. Bogactwa przyrodzone ziem polskich, Kopaliny. Zbiorowiska roślinne. Zwierzęta użyteczne. Ziemia rodzajna.

4. Drogi i komunikacje. Rzeki — ich spławność i zdatność do żeglugi. Stare drogi królewskie, trakty pocztowe, historyczne szlaki handlowe. Wyłamy — bramy — porty. Szlaki kolonizacyjne (cywilizacyjne) i łupieskie. Drogi bite. Koleje żelazne. Gwiazdy dróg i kolei żelaznych. Stosunek ich do drogi Władywostok-Lizbona.

5. Człowiek. Jego rozsiedlenie. Ilość polaków na ziemiach rdzennych polskich. Odsetek w poszczególnych ziemiach i krainach. Klasyfikacje etnograficzne polskie. Wychodźstwo i kolonizacja. Ośrodki zagrożone. Stany i kasty polskie. Stosunek jednostki do państwa. Ustrój społeczny polski. Pojęcie obywatelstwa i obowiązków względem kraju.

6. Posiadanie ziemi w Polsce przez polaków. Własność drobna — wiejska i miejska; obszarnicy, własność średnia, własność państwowa i rządowa. Nadania. Majoraty. Dobra poduchowne. Kolonizacja obca.

7. Rolnictwo i rozwój jego oddzielnych gałęzi (pszenica, buraki, żyto, kartofle, owies, chmiel). Leśnictwo, ogrodnictwo, sadownictwo. Własność gleby oddzielnych części Polski. Sprawy agrarne w ogólnym zarysie. Produkcja rolna i wyżywienie ludności, braki i nadwyżki.

8. Hodowla zwierząt domowych — jej rozmieszczenie na ziemiach polskich. Jarmarki. Produkcja mięsa i skór. Pszczelarstwo.

9. Stan przemysłu polskiego. Najogólniejsze dane geograficzne i statystyczne ośrodków przemysłu górniczego, hutniczego, drzewnego, włóknistego, garbarskiego, metalowego i innych. Przemysł wielki i drobny. Przemysł ludowy. Kooperatywa miejska i wiejska.

10. Handel polski. Przywóz i wywóz towarów surowych i przerobionych w cyfrach. Klasyfikacja tych cyfr.

11. Moneta. Kapitały i długi państwowe. Papiery polskie. Banki. Kredyt. Instytucje finansowe polskie. Historia ich rozwoju w XIX. stuleciu. Bank polski i jego znaczenie dla kraju. Sylwetki Lubeckiego i Steinkelera.

12. Oświata narodowa. Szkoły początkowe, powszechne, średnie, zawodowe. Wszechnice. Towarzystwa naukowe i oświatowe. Zbiory. Książnice. Muzea. Skarbnice. Ruch naukowy polski i jego ośrodki. Kultura polska i sztuka. Budownictwo polskie i jego zabytki.

13. Organizacje społeczne polskie. Instytucje społeczne i dobroczynne. Ich charakter i wpływ na stosunki. Przyczyny przerostu, nad-

miaru i zróżniczkowania. Twórczość polska w rozmaitych dziedzinach życia narodowego.

14. Państwowość polska. Konstytucje. Ustawy. Prawa. Rząd i administracja. Stanowisko, zadanie i praca urzędników polskich. Ukształtowanie sądownictwa. Sądy.

15. Rozwój myśli politycznej polskiej. Stronnictwa i organizacje polityczne. Piśmiennictwo.

## II. Dyskusya i wnioski.

Aleksander Jaworski (Kraków). Nawiązując dyskusję do projektu przyszłej szkoły polskiej według referatu r. Zawilińskiego, stwierdzić należy przede wszystkim, że rzecz idzie o konstrukcję szkoły wychowawczej, a nie o szkołę przygotowującą do czegoś ściślej określonego. Szkoła wychowawcza jest celem sama w sobie. Zadaniem jej jest stworzyć podstawę ogólną ludzką, z której mogą wyrastać rozmaite gałęzie pracy kulturalnej. Jest to szkoła człowieka (Rousseau, Pestalozzi), a treścią jej *παιδεία*, a nie *ἐπιστήμη τοῦ πράγματος* — jak powiedział Aristoteles. A że każdy powinien być wychowany na człowieka, więc powinna istnieć jedna jednolita szkoła wychowawcza dla wszystkich dzieci, wychowywać je i kształcić równomiernie i progresywnie od dzieciństwa do dojrzałości psychicznej według wskazań psychologii, etyki i współczesnego stanu wiedzy i kultury ludzkiej. — Tego żąda teoretyczna pedagogika; taką też szkołę pragnie mieć socjalna demokracja w swem przyszłym idealnym państwie. — Systematyczny ustrój szkolny zbudowany na zasadzie wyłącznie pedagogicznej istnieje jednak tylko w teorii i w dziełach pedagogicznych. Teorii sprzeciwia się życie i rozwój historyczny, które dowodzą potrzeby podziału jednolitej szkoły wychowawczej i ukształtowania jej zgodnie z rozwojem prądów kultury narodowej. Jak długo pozostajemy na gruncie rzeczywistości, która wykazuje zasadniczą różnicę klas i głów pracujących, tak długo podział szkoły wychowawczej nie da się usunąć. Troska jest tylko o to, jak stworzyć kompromis między pedagogiką a socjologią, jak uprościć system szkolny i ugrupować szkoły na linii możliwie najmniej przerywanej. Różniczkowanie szkół wychowawczych na zasadzie socjologicznego podziału pracy mogłoby nie mieć końca i doprowadziłoby musiało do przemiany ich z wychowawczych na zawodowe.

Kompromis pedagogiki z socjologią polegać musi na tem, aby pedagogika z konieczności zrezygnowała z postulatu bezwzględnie jednolitej szkoły dla wszystkich, bo to jest postulat praktycznie niewykonalny a społecznie zbędny, socjologia zaś, aby ograniczyła do najistotniejszej potrzeby żądanie podziału szkół na zasadzie podziału pracy.

Tak, jak dziś sprawy stoją i długo jeszcze stać będą, społeczeństwo dzieli się na trzy wielkie grupy pracujących klas; są to zawody niższe, średnie i wyższe. Wynika stąd, że bez względu na nowe po-



rządki społeczne i nowe ukształtowanie wiedzy ostać się musi trójdzielny system szkolny, który zawiera:

1) Powszechną szkołę początkową rozwiązującą problem oświaty w miarę sił społeczeństwa i państwa;

2) Powszechną szkołę średnią dającą wykształcenie zaokrąglone tym, co w 15—16 roku życia pragną przejść do szkół lub zawodów praktycznych;

3. Szkołę wyższą zaprawiającą do poważnej i samodzielnej pracy naukowej.

Koroną wykształcenia jest szkoła główna (uniwersytet, politechnika), ale nie jako szkoła wychowawcza, bo istota jej leży w wolności i ściśle badawczym charakterze nauki.

Te trzy szkoły, początkowa, średnia i wyższa muszą być organicznie powiązane, następować po sobie według jednolitego planu konstrukcji wewnętrznej, choćby dla przyczyn zewnętrznych były rozdzielone przestrzennie. Szkołę początkową powinna posiadać każda gmina, szkołę średnią gmina licząca kilka tysięcy mieszkańców, szkołę wyższą gmina o kilkudziesięciu tysiącach mieszkańców.

Projekt referenta zasadę tę uwzględnił i tem korzystnie różni się od wadliwej organizacji szkolnej austriackiej, niemieckiej (9 typów!), włoskiej, francuskiej i kilku mniejszych państw, które wszystkie stoją u progu przebudowy swego szkolnictwa. Zbliża się zaś do prawidłowego ustroju w Norwegii, Szwecji, Danii, Szkocji, Holandii, Grecji, Bułgarii, Stanach Zjednoczonych i Japonii; także angielski ustrój, zewnętrznie tak różny od kontynentalnego, oparty jest na jednolitej i ciągłej myśli wychowawczej. (Tu mówca zwraca uwagę na swoją tabelę poglądową dla porównania wszystkich form szkolnych istniejących w świecie kulturalnym.)

Rodzimych wzorów rozwoju szkolnictwa brak nam: ustrój Komisji Edukacyjnej (szkoły parafialne, podwydziałowe, wydziałowe) ani nie miał czasu wartości swej wykazać, ani nie odpowiada współczesnym założeniom; prywatne zaś szkolnictwo w Królestwie rozwijało się raczej w różnych kierunkach praktycznej potrzeby i względów oportunistycznych, niż na linii jednej myśli przewodniej. Dziś dopiero myśl taka wyłania się w Warszawie, a nieogłoszony jeszcze projekt departamentu Oświecenia w Radzie Stanu będzie — jak słychać — jeszcze więcej zgodny z założeniem pedagogicznym, niż projekt referenta.

Według projektu referenta, po czteroletniej szkole początkowej następuje sześcioletnie liceum jako szkoła powszechna z łaciną od III. klasy, a na tem buduje się trzyletnia szkoła wyższa jako gimnazjum dwudzielne, humanistyczne i realistyczne. Pedagogicznie nic temu projektowi zarzucić nie można, bo pedagogika nie rozstrzyga ani o czasie trwania nauki, ani o podstawowym kierunku kształcenia, byleby cel został osiągnięty. Ale ze stanowiska potrzeb i wskazań społecznych można nad projektem dyskutować. Nasuwają się tu trzy wątpliwości:

1. Czy sześcioletni okres nauki w szkole powszechnej (liceum) nie jest za długi?

2. Czy w takiej szkole powszechnej potrzebny jest język łaciński?
3. Czy trzyletni okres nauki w gimnazjum wystarczy do wykształcenia wyższego i czy podział gimnazjum na humanistyczne i realistyczne jest dostatecznie uzasadniony?

Sześcioletnie liceum nie jest za długie, jeżeli prowadzi do dalszego kształcenia się w jakiejkolwiek innej szkole, bo przez to samo skraca się ten następujący okres szkolny; kwestya tylko, czy n. p. szkoła przemysłowa mogłaby uporać się ze swym właściwym materiałem technicznym w 2–3 latach, choćby jej ubyły z programu przedmioty ogólnie kształcące. Natomiast bezwzględnie za długie jest sześcioletnie liceum, jeżeli uczeń pragnie tylko osiągnąć wiek ustawowy (u nas skończonych lat 14) i wstąpić do praktyki zawodowej. Dla takich uczniów musiałaby czwarta klasa liceum już zaokrąglić program wykształcenia, bo to spowodziłoby rozerwanie jednolitego planu konstrukcyjnego. Siedemnasty rok życia zaś wydaje się wysoce spóźnionym dla rozpoczęcia praktyki zawodowej.

Pytamy dalej, czy język łaciński jest koniecznie potrzebny do wykształcenia średnich klas pracujących. — Oczywiście, że łacina jest organem poznania kultury starożytnej, z której wyrosła nowożytna kultura zachodnio europejska; prawda i to, że dla nas szczególnie niemożliwe byłoby zrozumienie narodowej kultury bez wniknięcia w przeszłość, gdzie do końca 18. wieku łacina była drugim językiem ojczystym; zaprzeczyć nie można, że łacina ma dziś jeszcze zastosowanie w niektórych zawodach, choć wolelibyśmy, aby medycyna i aptekarstwo spolszczyły się raczej, niżby one nas zniewalać miały do uczenia się po łacinie.

Mimo to wszystko trudno dać się przekonać, aby średnie klasy pracujące łaciny tak naprawdę potrzebowały. Argumenty za łaciną są uzasadnione, ale w odniesieniu do zawodów wyższych i pracy naukowej. W szkole powszechnej obronić jej niepodobna; nigdzie też nie spotykamy jej w szkołach analogicznego typu, nawet w państwach o ludności romańskiej. Zgodzićby się na nią można jako na przedmiot względnie obowiązkowy dla tych, co pragną przejść z liceum do gimnazjum.

Trzechletnie gimnazjum zbudowane na programie licealnym projektu wystarcza zupełnie do osiągnięcia ostatecznego celu, którym jest przysposobienie do naukowego, metodycznego ujmowania i rozwiązywania zasadniczych problemów zachodzących wśród zjawisk świata wewnętrznego i zewnętrznego, ducha i natury. Tem bardziej okres ten wystarczy, że do gimnazjum przychodzi młodzież w 17. r. życia a więc psychicznie dojrzała i po przesileniu pubertytnym. (Por. Dania, Norwegia, Szkocja, Japonia).

Bifurkacya na gimnazjum humanistyczne i realistyczne jest podziałem naturalnym i odpowiada istocie obu kierunków wyższego wykształcenia więcej niż nazwy: gimn. klasyczne i nowożytne czy realne. Dziś nie przeciwstawia się już pojęć: starożytny — nowożytny, albo klasyczny — realny. Historia rozwoju szkół wyższych wykazuje dowodnie, jak gimnazjum w ciągu 19. wieku modernizowało się co kilka

dziesiątek lat. Uczyło ono najpierw łaciny (greka jest nowszym nabytkiem) dla władania nią, później jako organu do poznania starożytnej kultury, wreszcie i kultura ta przestała być celem, stając się tylko środkiem do interpretowania kultury współczesnej. Także wykształcenie realistyczne doskonaliło się nieustannie w drugiej połowie ubiegłego wieku, a szkoła realna przeszła ewolucję od szkoły niemal praktycznej do wychowawczej i kształcącej również w zasadach współczesnej kultury. Ostateczne cele gimnazjum i szkoły realnej są te same, a tylko drogi ich kształcenia i metody odmienne. Jak długo zjawiska świata ujmować będziemy dwoiście — jako duch i materię tak długo do poznania tych zjawisk prowadzić muszą dwie drogi t. j. studium duchowo-naukowe i przyrodniczo-naukowe. Duch wyraża się w mowie i dziełach sztuki, natura w liczbie, mierze i wadze. Oto podstawy wykształcenia humanistycznego i realistycznego, albo — co na jedno wyjdzie — duchowego i przyrodniczego.

Szkoły wyższe będą dalej się modernizowały. Gimnazjum wyzbędzie się greki niewątpliwie, bo już dziś brak przekonującego argumentu na jej zatrzymanie; ograniczy może studium łaciny do praktycznej potrzeby; wglądnie zapewne głębiej w zjawiska przyrody; ale mimo to nie przestanie być szkołą humanistycznego wykształcenia. Przyjmie jednak inne, niż starożytność, lepsze może źródła kultury duchowej i idealizmu. Co było dobrego w starożytnym idealizmie, to już wsiąkło w nas; a przecież trzy najszczytniejsze idee: ludzkość, prawda, prawo, tak bardzo jeszcze są odległe od współczesnej kultury. Szkoła przyszłości znajdzie źródła humanistycznego wychowania we własnej historii, literaturze i kulturze, w idei narodowej, w etyce chrześcijańskiej.

Także wykształcenie realistyczne będzie się modernizowało; ono silniej zaakcentuje pierwiastki kultury duchowej; może przyjmie nawet łacinę dla przyczyn zewnętrznych; ale mimo to zatrzyma charakter przyrodniczo-naukowy i zaprawiać będzie do samodzielnego oryentowania się w prawach matematyki, fizyki, chemii.

Dla obu kierunków cel i treść wychowania i wykształcenia wspólne, — drogi i metody oddzielne.

Tak należy ująć problem organizacji przyszłej szkoły polskiej i tak interpretować projekt r. Zawilińskiego, który w szczegółach wykonania dopuszcza modyfikacje tu wskazane, z wyjątkiem skrócenia sześcioletniego liceum. A jednak i w tym względzie musiałyby ulec modyfikacji, gdyby się go urzeczywistnić chciało. Z zastrzeżeniem więc zmian koniecznych dla przyczyn społecznych można ten projekt przyjąć za podstawę dyskusji nad budową nowej szkoły.

Wniosek wyłaniający się z uwag powyższych brzmi tak:

Zjazd T. N. S. W. uznaje, że przyszła polska szkoła wychowawcza powinna zachować możliwie jednolitą i ciągłą linię wychowania i wykształcenia od dzieciństwa do dojrzałości psychicznej; że po czteroletniej, powszechnej szkole początkowej następować powinna jako jej przedłużenie 4—6 letnia powszechna szkoła



średnia (liceum); że zakończeniem wykształcenia i wychowania powinna być 3—4 letnia szkoła wyższa, jako gimnazjum dwudzielne: humanistyczne i realistyczne.

Skoczyłaś (Lwów). Nawiązuję do referatu kol. Kielskiego. To, co kol. Kielski skreślił jako cel szkoły średniej, t.j. nabycie wiedzy o kulturze w ogólności, a wiedzy o sprawach polskich w szczególności — nie wydaje mi się trafnem ani uzasadnionem. Celem wszelkiego wychowania pozostanie na zawsze to, co komisya Edukacyjna ujęła w świetną formułę: Trzeba tak wychowywać młodzież, aby jej było dobrze ze społeczeństwem i społeczeństwu z nią. Niema potrzeby silić się na inne pomysły o celu wychowania. Zadaniem wszelkiego zdrowego wychowania jest rozwijanie sił żywotnych młodego pokolenia, nie zaś narzucanie mu z góry celów, nie wynikających z jego potrzeb i interesów. Jeżeli zaś idzie o sprawę rozwijania sił żywotnych młodego pokolenia, to uważam, że w tym kierunku referat kol. Kielskiego zawiera poważne luki. Pozwolę je sobie uzupełnić.

Jak rozwinąć energię duchową młodzieży polskiej, co wziąć za podstawę tych ćwiczeń? Oto główne zagadnienie szkoły narodowej polskiej.

Rozwiązanie tego zagadnienia nie wydaje mi się możliwe na tle dzisiejszego ustroju szkolnego. Współczesny ustrój szkolny cierpi na wielostronność przedmiotów, którym brak wewnętrznej jedności. To też wytwarza on ludzi o powierzchownym wykształceniu, ludzi przeuczonych, którzy nieraz więcej szkodzą społeczeństwu niż ludzie niedouczeni, a przytem ludzi rozproszonych, niezdolnych do skupienia się i do wysiłku woli w większym stylu. W ostatnich czasach daje się zauważyć w naszych stosunkach pewna zmiana na lepsze. Zmianę tę zainicjowała Rada Szkolna Krajowa pod hasłem: „Non multa, sed multum“. Zasada ta głębiej zrozumiana i zastosowana może wpłynąć na znaczne złagodzenie ujemnych stron naszej szkoły średniej. Ale to jeszcze nie wszystko. Szkole tej brak niejako kręgosłupa, na którym wspierałyby się wszystkie przedmioty.

Zdaje sobie z tego sprawę taki Foerster i chcąc stworzyć wewnętrzną jedność w szkole dzisiejszej, radzi zaprowadzić przedmiot nowy t. zw. „naukę o życiu“, niejako wykład o powinnościach i obowiązkach, któryby opierał się na przykładach wziętych z różnych dziedzin i był stosowany przy wszystkich przedmiotach. Pomysł to doskonały, ale nie oryginalny. Urzeczywistniła go kiedyś z wysmienitym rezultatem Komisya Edukacyjna. Niestety — zbyt mało znamy i czytamy: „Ustawy Komisji Edukacyjnej“ ulegamy zbytnej sugestji zagranicy i dlatego nie umiemy korzystać z nauki przyszłości.

A właśnie, jeśli kiedyś, to dziś właśnie, gdy, jak wspomniał p. rektor Szajnocha, doczekaliśmy się zupełnego upadku etyki, gdy prawo międzynarodowe okazało się bezsilne, musimy naszą szkołę narodową oprzeć o silne podstawy etyczne.

Jest to pierwszorzędny postulat narodowy. Wprowadźmy więc za przykładem Komisji Edukacyjnej, „naukę moralną“, naukę moralności

przyrodzonej, która będzie nauką osiową w całym systemie nauk udzielanych w szkole średniej, bo wchodzącą we wszystkie przedmioty objęte programem nauki. — Taki przedmiot potrzebny jest szczególnie w Polsce, w społeczeństwie katolickim, które skłonne jest do lekceważenia wszelkiej moralności przyrodzonej, jak znów społeczeństwa niekatolickie skłonne lekcewały moralność o nadprzyrodzone pobudki opierającą się.

Obok tej nauki moralnej należałoby poszukać drugiego jeszcze czynnika spajającego rozrzucone przedmioty. Należałoby go poszukać w nauce o prawach obywatelskich. I ten przedmiot znała i wprowadziła Komisya Edukacyjna. W referacie warszawskim widzę tę naukę wcieloną w tak zwaną „naukę o Polsce“ czyli jak Niemcy nazywają ten przedmiot: „Heimatskunde“. Można by się na to zgodzić, ale z pewną poprawką, że mianowicie „nauka o Polsce“ nie byłaby przedmiotem kończącym tylko i koronującym wiedzę w najwyższej klasie, ale istniałaby na wszystkich stopniach nauki szkoły średniej, odpowiednio rozłożona. Nie lędzmy się jednak, że wprowadzenie takiej „nauki o Polsce“ samo przez się unarodowi szkołę. Żaden przedmiot — nie wiedzieć jak patriotyczny — sam z siebie unaradawiającym nie jest. Mamy bowiem dziś przykłady znakomitej znajomości historii polskiej u człowieka, który idzie w poprzek ideałom całego narodu i niemniej doskonałej znajomości historii i literatury u innego, również profesora uniwersytetu, który chciałby osadzić kolonistów niemieckich na placówkach nauczycieli w przyszłej, polskiej szkole średniej.

Wobec takich faktów nie należy tak łatwo poddawać się złudzeniom. Najwięcej z natury rzeczy unaradawiającym jest przedmiot, o którym — na tym zjeździe — zbyt mało się mówi, to jest nauka języka polskiego. Przedmiot ten jednak jest na ogół słabo, albo zupełnie źle uczony. Winę tego stanu ponosi sam stan nauczycielski, który dotąd nie zdobył się na ułożenie metodyki nauczania języka polskiego i nie posiada — poza niektórymi wyjątkami — odpowiedniego przygotowania z zakresu ścisłej filozofii, niezbędnego dla należytego uczenia języka polskiego w szkole średniej. Nauka języka polskiego dziś — to przeważnie nauka frazesu. Trzeba z tem zerwać. Kończę przemówienie wnioskami, w których będę się starał ująć treść wywodów:

1) Zjazd członków T. N. S. W. uważa wobec niebezpieczeństw grożących moralnemu życiu młodzieży polskiej — za wskazane wprowadzić przedmiot łączący wszystkie inne, t. zw. „naukę o życiu“ jako naukę moralności przyrodzonej tak jak go pojęła kiedyś Komisya Edukacyjna.

2) Zjazd uważa za wskazane wprowadzenie jak najrychlejsze „nauki o Polsce“ jako osobnego przedmiotu nauki, obejmującego także naukę o prawach obywatelskich.

3) Zjazd uważa za rzecz pierwszorzędnej wagi dla unarodowienia szkoły podniesienie poziomu nauki języka polskiego przez ułożenie odpowiedniej metodyki tego języka oraz przez wezwanie polonistów do pogłębienia wykształcenia przez studyum ścisłej filozofii.

Dr. Weiner (Kraków).

Ze względu na to, że wszelkie dotychczas ogłaszane prace z dziedziny reformy szkolnictwa są tylko cząstkowymi, nie stanowiącymi syn-

tetycznej całości, przeto w myśl wywodów prof. Kujawskiego należy samą pracę reformacyjną zorganizować w tym duchu, by stanowić system i obejmowała wszelką działalność wychowawczą z uwzględnieniem wszelkich stosunków społecznych i politycznych.

Dyr. Nittman (Lwów).

Punktem wyjścia w nowej szkole ma być: 1. Język ojczysty. 2. Historia ojczysta. 3. Geografia ojczysta.

Dyr. Missona (Brzesko).

Zjazd nauczycieli zwraca się do Wys. Rady szk., ażeby już w obecnych warunkach starała się popchnąć pracę w szkołach średnich w kierunku potrzeb narodowych przez polecenie nauczycielom:

1. zajęcia się wychowaniem młodzieży pozaszkolnem zapomocą wykładów i osobistego stykania się uczniami;

2. zajęcia się wychowaniem cielesnem młodzieży zapomocą stałych wycieczek cotygodniowych;

3. zajęcia się nadzorem nad samodzielną pracą umysłową młodzieży (czytelnie, kółka);

4. zajęcia się nadzorem nad pracą ręczną, ogrodową, warsztatową, sklepową młodzieży;

5. przeznaczenie na to jednego dnia w tygodniu, w którym dani nauczyciele byłiby wolni od nauki szkolnej.

Na przyszłość żądamy dla Rady szkolnej usamoistnienia zupełnego i uwolnienia od więzów centralistycznych, aby mogła przeprowadzić unarodowienie szkolnictwa.

Prof. Bochenek (Lublin).

Pierwszy Oddział Stowarzyszenia Nauczycielstwa polskiego w Lublinie wnosi na Zjazd Nauczycielstwa polskiego w Krakowie w dniu 27. maja 1917, aby Zjazd powołał Komisję, której obowiązkiem byłoby stworzenie Polskiej Wyższej Szkoły Pedagogicznej. Zadaniem tej szkoły będzie zawodowe przygotowanie wychowawców i nauczycieli szkół średnich i zawodowych.

Tenże Oddział S. N. P. w Lublinie wnosi, by Zjazd polecił Towarzystwu nauczycieli szkół wyższych stworzenie wakacyjnych kursów uzupełniających dla nauczycieli szkół średnich, zwłaszcza w zakresie zagadnień wychowawczych.

Tenże Oddział S. N. P. wnosi, by Zjazd polecił Towarzystwu nauczycieli szkół wyższych i Stowarzyszeniu Nauczycielstwa Polskiego w Warszawie zogniskowanie działalności wydawniczej różnych Towarzystw Nauczycielskich Polskich w jednej organizacji wydawniczej, działającej na całym obszarze Polski.

Prof. Chmielewski (Lublin). Wniosek I. Oddziału Stowarzyszenia Nauczycielstwa polskiego w Lublinie.

Zjazd uznaje za nagłą potrzebę założenia Międzydzielnicowego Biura, za pośrednictwem którego nauczyciele, pracujący nad poszczególnymi sprawami, dotyczącymi budowy i przebudowy szkolnictwa polskiego, porozumiewaćby się ze sobą mogli, a na peryodycznych Zjazdach Międzydzielnicowych wyniki swych prac komunikowali.



Dr. Bykowski Ludwik (Lwów)

po krótkim uzasadnieniu przedstawia wniosek następujący:

„Zjazd T. N. S. W. poleca Zarządowi gł. zorganizowanie o ile możliwości już w jesieni b. r. zjazdu nauczycielstwa polskiego bez względu na dziedziny w celu ustalenia zasad wychowania narodowego i systemu szkolnictwa polskiego“.

Wniosek przyjęto jednogłośnie bez dyskusji.

### III. Referaty

z inicjatywy Towarzystwa Polskiego Instytutu Pedagogicznego (Kraków) pod zbiorowym tytułem „O ważności poszczególnych grup przedmiotów szkoły średniej dla ogólnego wykształcenia“

poprowadził krótkim wstępem wiceprezes tego zrzeszenia, profesor Uniw. Jagiellońskiego W. Heinrich, przedstawiając jego zadania i wskazując na łączność pracy między Instytutem a innymi polskimi organizacjami naukowymi i nauczycielskimi.

Profesor Uniw. Jagiell. K. Morawski (Kraków)

wyłosił świetną przemowę w obronie wartości studiów klasycznych, którą streszcza sam w kartce do Redakcji, nie mając czasu na jej zredagowanie, temi słowy:

„Myślą mej przemowy było, że różnorodne szkoły są konieczne, że monopol humanistycznego gimnazjum ustać musi, bo ten monopol szkoły zabija. Niemniej gimnazjum z greką i łaciną jest koniecznem dla powołanych i naszej kultury“.

Profesor Uniw. Jagiellońskiego I. Chrzanowski:

Wchodzić *in meritum* sprawy, rozstrząsać wszystkie, a choćby tylko główne, dowody, jakimi zwolennicy i przeciwnicy nauczania języków starożytnych w szkole średniej uzasadniają swoje poglądy, — nie mam ani możliwości, ani zamiaru. Zresztą dowody to po większej części tak nieściśle, tak dowolne, tak często płynące raczej z przeświadczenia, niż z przekonania, raczej z osobistych uprzedzeń i upodobań, niż ze znajomości pedagogiki teoretycznej i doświadczalnej, — że o tem, aby się przeciwnicy pogodzili, nie ma do dziś dnia przynajmniej mowy<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Jeden z najpoważniejszych filologów naszych w rozprawie p. t. Kwestya języków klasycznych w szkołach średnich

Na jeden tylko dowód, często przytaczany przez obrońców klasycyzmu, niechaj wolno będzie zwrócić przelotną uwagę: powołują się oni na długotrwałą tradycję szkolną, mówiąc, że szkoła, która się przyczyniła do stworzenia tak wspaniałej literatury, oświaty i wogóle cywilizacji, jaką na kartach swoich zapisała historia Europy nowoczesnej, nie jest i nie może być omyłką dziejową. Ależ przy całym szacunku, jaki człowiek kulturalny powinien żywić dla tradycji, ma on z pewnością nie mniejszy obowiązek jej ustawicznej rewizji krytycznej, — obowiązek, który się zwłaszcza w pewnych chwilach dziejowych wysuwa niemal na samo czoło zagadnień życia. Że do tych chwil należy ta, którą przeżywamy, to rozumieją wszyscy: jeżeli kiedyś, to chyba dzisiaj na bolesną ironię zakrawa powoływać się, jako na powagę, na tradycję takiej, jak nasza, cywilizacji, t. j. cywilizacji, która narody europejskie doprowadziła do mordowania się wzajemnego.

Więc dzisiaj dajmy pokój wszelkim aktom wiary w nieomyślność tradycji, myślimy o budowie nowego życia! Czy przyszła szkoła polska, która, miejmy nadzieję, będzie polską nie tylko z języka, ale i z ducha, która się наконец uwolni od wszystkich nieproszonych opieki, ma nadal pielęgnować system nauczania języków starożytnych? Powtarzam, *in meritum* sprawy nie wchodzę. Idzie mi jedynie o jedną uwagę praktyczną.

Można być prawie pewnym, że się nauka języka łacińskiego z tych, — czy innych przyczyn, słusznie, czy niesłusznie, z pożytkiem, czy ze szkodą dla młodzieży, — na długo jeszcze w naszej szkole średniej ostanie: jest to poprostu, jeżeli się nie mylę, koniecznością historyczną. Ale nauka języka greckiego taką koniecznością nie jest, nie ma bowiem za sobą ani tej wiekowej przeszłości, z której racja bytu nauki języka łacińskiego czerpie swoją siłę, ani ostatecznie tego argumentu, któ-

---

(Bibl. Warsz. 1901. III.) przyznaje otwarcie (i rozbrajająco), że „w jaki sposób nauka łaciny i greczyzny wywiera... kształcący wpływ na umysły, trudno dokładnie określić” (str. 412). Wśród „argumentów drugorzędnych”, przemawiających za nauką języków starożytnych, autor oddaje pierwszeństwo temu, że nauka języków klasycznych jest idealnym węzłem, łączącym dziś narody oświecone, a tem samem łagodzi przeciwieństwa i spory narodowe, coraz silniej zagrażające powszechnej oświacie i dobrobytowi ludzkości” (str. 413). *Risum teneatis, amici!*

rzym tak lubią wojować obrońcy kierunku klasycznego, że fundamentem nowoczesnej kultury europejskiej jest kultura klasyczna: prawda, ale przecie kultura grecka nie bezpośrednio wpływała na Europę zachodnią, tylko przeważnie za pośrednictwem kultury rzymskiej!

Inne argumenty, którymi się pospolicie uzasadnia potrzebę nauczania łaciny w szkołach średnich, także tracą dużo mocy i powagi w zastosowaniu do greczyzny.

Czem zwolennicy nauki języka łacińskiego uzasadniają jej potrzebę? Tem, po pierwsze, że nauka gramatyki tego języka, który jest — to święta prawda — jednym z największych arcydzieł, na jakie się duch ludzki zdobył, i nie mniej wielką, nie mniej wspaniałą, nie mniej logiczną budową, jak państwo i prawo rzymskie, — że nauka gramatyki łacińskiej jest, a raczej może być przy pomocy dobrego nauczyciela, dzielnym i pożytecznym czynnikiem rozwoju umysłowego. Zgoda. Ale w takim razie; naco i poco, oprócz łaciny, uczyć jeszcze greczyzny; która jest może od łaciny językiem dźwięczniejszym, piękniejszym, ale, jak to przynajmniej znawcy języków starożytnych twierdzą, nie ma ani w swej morfologii, ani w swej składni tej żelaznej konsekwencji, co łacina.

Inny argument, którym zwolennicy języka greckiego w szkole średniej najczęściej szermują, ma, zdawałoby się, dużo słuszności. Nikt, nawet największy wróg klasycyzmu w szkole średniej, nie będzie chyba przeczył, o ile nie jest ogołocony z rozumu i z poczucia piękna, że literatura grecka to jedno z najwspanialszych zjawisk w historii ducha ludzkiego, że znajomość arcydzieł literatury greckiej jest dla człowieka wykształconego koniecznie, nieodzownie potrzebna, że ich rozbiór posiada niepospolitą doniosłość wychowawczą. Że zaś kluczem do poznania literatury greckiej jest język grecki, więc powinniśmy, mówią, uczyć się go w szkołach. Otóż to rozumowanie nie wytrzymuje najpobłażliwszej krytyki; co więcej jest ono najczęściej nieszczerze: ci, co tak rozumują, oszukują, nazywając rzecz po imieniu, sami siebie. My wszyscy, a przynajmniej prawie wszyscy, którzyśmy się tutaj zgromadzili, ukończyliśmy gimnazyja klasyczne, nauczyliśmy się przez lat pięć języka greckiego. Połóżmy rękę na sercu i odpowiedzmy uczciwie: czy wielu jest z pośród nas takich, dla którychby znajomość języka greckiego, nabyta w gimnazyum, była



kluczem do literatury greckiej? czy możemy czytać swobodnie, t. j. tak, żeby odczuwać estetycznie, już nie tylko Eschylosa, Sofoklesa i Platona, ale choćby Homera i Herodota? Czy nie wolimy czytać np. tragików greckich w prześlicznych polskich kładach Morawskiego i Kasprowicza? A jeżeli tak, to pociągniemy się wszyscy uczyli po grecku? Przecie nie wielu z nas poświęcało się w uniwersytecie studiom klasycznym; a z tych bardzo nie wielu byłoby jeszcze mniej, gdyby w gimnazyach greckiego nie uczono: bo przecie u nas uczą się w uniwersytecie języków starożytnych prawie ci wyłącznie, którzy chcą zostać nauczycielami gimnazjalnymi. Dlaczego mamy z tego robić tajemnicę? Poco się oszukiwać?

Lecz to, że po wyjściu ze szkoły nie umiemy po grecku tak, żeby móc czytać w oryginale arcydzieła literatury greckiej, nie jest jeszcze, niestety, jedynym praktycznym rezultatem nauki tego języka. Dwadzieścia osiem godzin tygodniowo ta nauka pochłania. Dwadzieścia osiem godzin! Jaki tego skutek? Taki, że niema w szkole czasu na gruntowną naukę języka ojczystego; uczniowie opuszczają szkołę, nie znając dobrze gramatyki własnego języka, bardzo lichy przygotowani do słuchania wykładów uniwersyteckich w tej dziedzinie. Proszę wierzyć, że na egzaminach doktorskich zarówno, jak nauczycielskich, zdarzają się przypadki, iż kandydaci nie wiedzą, co to są zdania podmiotowe albo względne, — a przecie to wiedzieć powinni z nauki szkolnej. A cóż dopiero mówić o znajomości literatury ojczystej! Tylko dziesięć godzin tygodniowo wyznacza się na czytanie arcydzieł literatury narodowej od XVI do XX wieku. Czy to nie nonsens pedagogiczny? czy to nie grzech narodowy? Niech każdy nauczyciel języka polskiego powie, czy się mu choć jeden raz w życiu udało „przerobić“ (jak to się mówi w żargonie szkolnym) te wszystkie utwory literatury polskiej, które każdy Polak powinien znać i kochać! A znajomość obcych języków nowożytnych czy nie traci na tem, że dwadzieścia osiem godzin idzie na naukę greczyzny? Mówi się, że kultura grecka jest pramacierzą kultury nowoczesnej. Dobrze. Ale czy przytem nam, Polakom, wolno zapominać o tem, że największe dobrodziejstwa kulturalne zawdzięczamy kulturze rzymskiej, to jest największej na całym świecie kulturze, nadewszystko zaś francuskiej. I tak mało uczymy się języka francuskiego! Tak mało znamy hi-

storyę kultury romańskiej, i wskutek tego mamy przesadny, bałwochwalczy, dla zdrowia polskiej duszy szkodliwy kult dla kultury niemieckiej, która nam była i jest nie matką, tylko macochą! A matematyka i nauki przyrodnicze czy nie zyskałyby na wyrzuceniu ze szkoły średniej języka greckiego?

Niech w przyszłym szkolnictwie polskim na jakieś dwa-dzieścia gimnazyów przypada jedno z obu językami starożytnymi: i owszem; ci, którzy mają wielkie zdolności niech się uczą także i po grecku, aby się potem poświęcić pracy naukowej nad historią kultury europejskiej, pracy bezinteresownej, tak, na nieszczęście, u nas rzadkiej. Ale z ogromnej większości średnich szkół polskich naukę języka greckiego powinno się usunąć. A uzyskane tym sposobem godziny powinno się przeznaczyć nadewszystko na naukę języka ojczystego, a po części na inne przedmioty, wśród których, pamiętajmy o tem, musi się znaleźć poczesne miejsce na wybór arcydzieł literatury greckiej — w przekładach polskich; bo znajomość tych arcydzieł jest, raz jeszcze, nieodzowna dla każdego, kto chce być już nie tylko człowiekiem rzetelnie wykształconym, ale wogóle człowiekiem kulturalnym.

*Stad ↓*

# *IX. Znaczenie nauk ścisłych w wykształceniu ogólnem*

Profesor Uniw. Jagiellońskiego Maryan Smoluchowski:

Dla scharakteryzowania znaczenia nauk ścisłych *(nie sps)* w wykształceniu ogólnem nie będę się powoływał na autorytety i cytaty, ale nie mogę się powstrzymać, żeby nie podkreślić słów, które ni Herbert Spencer w swem klasycznym dziele "o wychowaniu" oświecla od razu całą sprawę w sposób bardzo dobitny. Dzieli on mianowicie nauki na takie, które posiadają wartość konwencyjonalną, czyli ornamentacyjną, jak nauki filologiczne i historyczno-literackie, oraz na nauki o wartości zasadniczej, wewnętrznej, do których w pierwszym rzędzie zalicza nauki matematyczno-przyrodnicze. Pierwszych trzeba się uczyć głównie po to, by nie skompromitować się w towarzystwie ich nieznajomością, drugich zaś dla tego, że na nich opiera się walka o byt, że na nich zasadza się cała dzisiejsza nasza cywilizacja. Oczywiście łatwo odgadnąć, które z nich Spencer uważa za ważniejsze i cenniejsze.

Nie chciałbym się jednak zapuszczać w teoretyczne roztrząsanie sprawy z punktu widzenia systemu wychowawczego

*Przemówienie, wygłoszone podczas Zjazdu Członków Towarzystwa Nauczycieli Szkół Wyższych, w dniu 27. maja 1917 r., w Auli Uniwersytetu Jagiellońskiego. Muzeum, tom XXXII, czerwiec 1917, str.*

*(286-291)*

Żywa  
płazina

# IX. Znaczenie nauk ścisłych

(przedmowa do 227)

Spencera, ani też innych myślicieli, gdyż zdania co do tego z pewnością zbyt rozbieżne. Sądzę natomiast, iż każdy człowiek rozsądny, nieuprzedzony, zgodzi się na to, że szkoła powinna nas przygotować do życia, ~~do~~ do życia rzeczywistego, dzisiejszego, nie do tego, ~~jak~~ było 2000 lat temu, lub ~~jak~~ sobie wymyślili ~~nie~~ poeci lub pisarze.

III które  
= które

Jakie ~~są~~ cechy przedewszystkiem charakteryzują epokę, w której żyjemy, ~~to~~ chyba zbyt czułe to przypominać! Wiek XIX. powszechnie nazwano „wiekiem pary i elektryczności“. Wiek XX. jeszcze nie ochrzczony, ale ~~to~~ nie ~~może~~lega wątpliwości, że otrzyma znów przydomek z dziedziny nauk ścisłych lub techniki. Zdumiewający, niebywały rozwój techniki, na tle naukowych postępów w fizyce i chemii, ~~to~~ jest niewątpliwie główną cechą ostatnich 150 lat. Stworzył on nieprzeliczony szereg wynalazków, z którymi żyliśmy się, jak gdyby istniały od wieków, poczynając od zapalek, gazu i nafty, ~~to~~ kończąc na aeroplanach, telegrafii bez drutu, promieniach Röntgena i łodziach podwodnych.)

(Postępy techniki, koleje, elektrotechnika oraz przemysł chemiczny, wywołały nie tylko przewrót zupełny w życiu materialnym jednostki, ale ~~to~~ w życiu gospodarczym narodów i w życiu kulturalnym niezliczonej rzeszy ludu. A łączy się z tem przewrót społeczny, zmiana światopoglądu całej cywilizowanej ludzkości, która historię ludów popycha w kierunku nowym, przez żadnego historyka nie przewidzianym.

↑ również

Źródłem ~~są~~ tego wszystkiego jest olbrzymi rozwój nauk ścisłych w ciągu ostatnich ~~połtora~~ wieków. Wykształcenie w tych naukach, zapoznanie z ich metodami, wynikami i praktycznym zastosowaniem — oto oczywiście pierwszy postulat szkoły, mającej nas przygotować do życia. Rozumie się, że potrzebuje tego przyszły inżynier, technik, przemysłowiec, rolnik, lekarz, gdyż zawód ich polega na pozytywnych wiadomościach z tego zakresu. Ale to samo stosuje się do nauczycieli, do urzędników administracyjnych, do każdego wogóle człowieka wykształconego; ~~wszak~~ powinien on przecież rozumieć mechanizm życia indywidualnego i społecznego, powinien się orientować w zagadnieniach naukowych i technicznych świata dzisiejszego.

7 lat studiów -  
200 godzin  
1 rok

Na pierwsze miejsce wysunąłem praktyczne zastosowania nauk ścisłych w technice, gdyż ta rola ich w ogólnem



(również!)

nie powinno  
Plecz raczej:

matematyki

życiu społecznem jest najważniejsza; ~~sądzę~~ <sup>sądzę</sup>, że ~~we~~ w szkolnictwie średnim naczelną zasadą ~~musi być~~ <sup>musi być</sup> hasło: „nauka dla nauki“ ~~tylko~~ „nauka dla życia“. Sądzę między innemi, że program nauczania matematyki (zastosować się musi) do praktycznych potrzeb; że, określając wymiar tej nauki, traktować ją musimy głównie jako narzędzie, jako środek pomocniczy do fizyki i innych nauk, choć oczywiście w metodzie uczenia musimy postępować z całą oględnością, żeby nie uронić nic z ~~jej~~ wysokiej wartości dydaktycznej jako szkoły ścisłego, logicznego myślenia.

Nie wolno zatem, jak się to często dzieje, traktować matematyki w szkole wyłącznie jako środek gimnastyki myślowej; ~~tylko~~ trzeba ~~koniecznie~~ <sup>koniecznie</sup> (uczniom dostarczyć) pewnego zasobu umiejętności i wiadomości, które posiadać muszą, chcąc ~~roz-~~ <sup>rozumieć</sup> choćby treść zasadniczych pojęć fizycznych; nie mówię już o ~~tej~~ wielkiej liczbie osobników, dla których w późniejszych studiach technicznych lub przyrodniczych wyszkolenie matematyczne jest skarbem nieocenionym. Rozumie się też, że zgodnie z poglądem na rolę nauk ścisłych, pewne rozszerzenie czasu przeznaczonego na naukę matematyki uważam za niezbędne.

Olbrzymia wartość praktyczna nauk ścisłych pociąga jednak za sobą niebezpieczeństwo, żebyśmy (jej nie uważali) za argument jedyny, w uzasadnieniu ich podstawowego znaczenia dla naszego wykształcenia. Jest to pogląd szerzony właśnie przez przeciwników, którzy, nie zaprzeczając tej roli nauk ścisłych w postępie cywilizacji, twierdzą, że, jako szkoła myślenia, najwyżej stoi filologia klasyczna; ~~w~~ wysławianiem tej „formalno-wychowawczej“ wartości języków klasycznych usiłują ~~obronić~~ <sup>obronić</sup> ich tradycyjne wszechwładztwo w naszym szkolnictwie.

} nie  
spoc

Dla wyrobienia sobie jasnego sądu o tej nadzwyczajnie doniosłej kwestji musimy (się zając) bliższem rozważeniem formalno-wychowawczej roli, jaką matematyka, fizyka, chemia odgrywać mogą i powinny w rozwoju intelektualnym.

Jest to rzeczą oczywistą, że studia gramatyczne dostarczają gimnastyki umysłowej i że kształcą zdolność logicznego rozumowania, w wyższym stopniu niż np. historia, która prawie wyłącznie tylko przemawia do pamięci. Zazwyczaj jednak tylko ci podkreślają wartość filologii, jako środka kształcenia rozumu,

oni

*Acap.*

W  
California

6 tie

7622

✓ tyż również  
ci w szkole

↓ niekiedy

! fizyki i chemji

stawie książki, bez jakichkolwiek doświadczeń lub pokazów. ~~Ż~~ Jakie nauczanie dogmatyczne stanowczo uważam za gorsze niż brak wszelkiej nauki; ~~ż~~ gdyby w ten sposób uczono fizyki i chemii, zgodziłbym się z filologami, ~~żeby~~ te przedmioty zupełnie ~~wyrzucić~~ ze szkoły.

Rozważmy drugi szczegół, ważny dla osądzenia wychowawczej roli nauk ścisłych. Kształcą one nie tylko w samodzielnej obserwacji, ale wprowadzają nas, ~~jak~~ jak żadne inne nauki, we właściwej metodzie rozumowania naukowego, zarówno indukcyjnej jak ~~ż~~ dedukcyjnej. Kładąc przy tem jak największy nacisk na faktyczną dokładność i logiczną ścisłość.

Istotą nauk historycznych jest możliwie wierne zbadanie i rejestrowanie pewnego szeregu faktów, oraz usiłowanie ewolucyjnego ich objaśnienia. Praw, w znaczeniu ścisłym <sup>tego</sup> słowa, ~~istoty~~ ~~historia~~ historia nie wyjawia, gdyż odnosi się do łańcucha faktów jednorazowych, nie powtarzających się.

Również filologia nie zna pojęcia ścisłych niezmiennych praw, ale operuje pewnym surrogatem: pojęciem reguły ~~z~~ reguły z wyjątkami. Uczeń filologowie stworzyli te reguły jako rezultat skrzętnych studiów nad empirycznym materiałem językowym, ale gramatyka szkolna uczy wyłącznie tylko rozumowania dedukcyjnego, t. j. stosowania owych reguł, które ~~ż~~ występują jako dogmatycznie objawione, zupełnie sztuczne i pozbawione wewnętrznej logiki. prawidła. Wyrabia to pewną konsekwencję ~~noś~~ myślenia, ale zarówno też skłonność do przecepiania słowa, formy, w porównaniu do treści istotnej, myśli.

O ile wyżej stoi matematyka, której prawa nie są dogmatami ~~zewnątrz narzuconymi~~, ~~właściwie~~ wypływają z wewnętrznej konieczności, z nieubłaganej logiki, tak że ich słusność osądzić może każdy, kto sobie zada trud myślenia. Jest ona najlepszą szkołą ścisłej logiki i jako taka jest czynnikiem prawdziwie zbawiennym w wykształceniu ogólnem, niezależnie od użyteczności swej treści. Z drugiej strony przyznać trzeba, że czysta matematyka jest szkołą nieco jednostronną; po pierwsze ~~ż~~ uczy prawie wyłącznie tylko dedukcyjnej metody rozumowania, po drugie, ~~ż~~ treść jej dotyczy pojęć abstrakcyjnych, oderwanych od życia, które dopiero za pośrednictwem nauk przyrodniczych nabierają związku z ~~namacalną~~ rzeczywistością.

Wielu  
cigiem  
ben u. w.



W fizyce, chemii, astronomii ~~zaś~~ każdy krok daje nam typowe, klasyczne przykłady bądź ~~to~~ indukcyjnego rozumowania, t. j. uogólniającego wnioskowania na podstawie empirycznego materiału, i ujmowania go w prawo ścisłe, niezmiennie, bądź też rozumowania dedukcyjnego, dochodzącego z tych praw ogólnych drogą ścisłych, matematycznych obliczeń do wniosków specjalnych.)

Długi szereg faktów z historii tych nauk, jak n. p. ewolucja naszych wiadomości o ruchach planet, <sup>o</sup>prawach Keplera i Newtonowskim prawie grawitacji, odkrycie Neptuna, poznanie praw załamania światła, rozwój zasadniczych pojęć z dziedziny ciepła i t. p. figurują we wszystkich podręcznikach jako klasyczne przykłady rozumowania naukowego.)

(Rozumie się zresztą, że w praktyce, na niższym poziomie szkolnictwa, stosować należy prawie wyłącznie metodę heurystyczno-indukcyjną, podczas gdy na wyższym poziomie ~~także~~ matematyczne dedukcje powinny znaleźć należyte miejsce.

Matematyczna ścisłość i logiczna zwięzłość ~~całej nauki~~ wyróżniają fizykę wraz z astronomią z pośród nauk przyrodniczych; dzięki tym właściwościom wybija się ona na ich czoło, jako nauka o zasadniczych prawach przyrody, lub jak Anglicy ją nazywają: jako „filozofia przyrody“.

Łączy się z tem inna ważna sprawa: związek nauk ścisłych, a zwłaszcza fizyki, z filozofią. Wyznaję, że pewne pogłębienie filozoficzne uważam za kardynalny warunek ogólnego wykształcenia, t. zw. propedeutykę filozoficzną cenię wysoko jako przedmiot, który nie tylko w gimnazjum, ale w każdej szkole średniej powinien figurować, oczywiście pod warunkiem, że nauka ta będzie bardzo umiejętnie udzielana, co jest sprawą wcale nie łatwą. Bezwartościowy albo wprost szkodliwy byłby wykład dogmatyczny i pamięciowe uczenie się t. zw. elementów logiki i psychologii. ~~To zaś czego potrzeba, jest: umiejętne doprowadzanie do kwestyj filozoficznych, zwłaszcza z jednej strony roztrząsanie, w formie dyskusyj, sokratesowskiej, zasadniczych zjawisk psychicznych, oraz (stosunku ich) do zjawisk fizjologicznych i pobudek fizycznych, z drugiej strony, zwracanie uwagi na formy logicznego wnioskowania, analizowanie istoty definicji, dowodów, hipotez, teorii, zainteresowanie~~

problemami teorii poznania. Chodzi, krótko mówiąc, głównie o pobudzenie do filozoficznego zastanawiania się.

Żadna ~~zaś~~ nauka nie daje tyle materiału, nie ~~do~~ doprowadza tak prosto i naturalnie ~~do tych~~ kwestyj jak fizyka; każdy jej problem <sup>at</sup> należy pogłębić, odsłania ostatecznie zagadnienie filozoficzne; ~~nie~~ jest to wcale przypadkiem, że uczeni tej miary ~~co~~ Mach, Ostwald, Duhem, Poincaré i ~~inni~~ <sup>inni</sup> wsławili się zarówno jako fizycy ~~jako~~ <sup>jak</sup> też jako filozofowie.

Jakie wnioski stąd ~~się wysnuwają~~? Z wysokiej wychowawczej wartości fizyki dla ogólnego wykształcenia skorzystamy <sup>jeżeli</sup> tylko wtedy, jeżeli jej uczyć będziemy tak, jak to trafnie kiedyś orzekł Zjazd niemieckich przyrodników w Meranie: „~~aby~~ <sup>aby</sup> ~~żeby~~ nauczanie fizyki służyć mogło za przykład sposobu, jak się zdobywa prawdę w obrębie wszelkich nauk doświadczalnych“.

Nacisk kładłem poprzednio na nieocenioną praktyczną wartość nauk ścisłych; ~~ale~~ nie znaczy to bynajmniej, żeby w sposobie nauczania górować miał moment utylitarny. Przeciwnie, takie zbanalizowanie tej pięknej nauki uważałbym za bardzo niepożądane; ~~ja~~ pragnąłbym raczej usilnie ~~filozoficznego~~ pogłębiania tej nauki, gdyż tym sposobem ona zyskuje na treści idealno-humanistycznej. Odnosi się to zwłaszcza także do szkół kierunku realnego, w których dotychczas bardzo daje się odczuwać pewien brak idealizmu naukowego.

~~Wreszcie~~ ~~jedną~~ <sup>2</sup>stronę poruszyć Chciałbym, która może niejednego zdziwi: stroną etyczną. Niewątpliwie nauka historii ojczystej, a zwłaszcza też nauka języka i literatury rodzimej ~~nie~~ — którą w ogóle, obok nauk matematycznych i przyrodniczych, uważam za najważniejszy przedmiot szkolny — w bliższym są związku z kształceniem etycznym i więcej zawierają pierwiastków moralnych, ~~choć~~ <sup>choć</sup> (nawiasem mówiąc) nie brak i antymoralnych. Ale i nauki ścisłe przynoszą pewne cenne elementy tego rodzaju, o odmiennym, co prawda, typie.)

Wystarczy wspomnieć o wyrobieniu sumiennej cierpliwości i akuratrości przez pracę laboratoryjną, której zaprowadzenie podnosiliśmy już jako konieczny postulat. ~~At~~ <sup>At</sup> Ważniejszy jest inny wzgląd. ~~Od wszech czasów~~ Nauki ścisłe, uznające tylko prawa przyrody i własny rozum człowieka, były antidotum, odtrutką przeciwko ślepej wierze w autorytety, przeciwko

nie spar

nie spar

*Tuynikaja*

*zawsze*

*były*

nie spac  
nie spac

(również) 293

niewolniczej służalczości umysłów. Także J w szkole wyrabiają one samodzielność sądu, odwagę przekonań, przez krzewienie głębokiej czci dla ścisłości i obiektywnej sprawiedliwości, \* przez ubóstwianie prawdy! Entuzjazm dla prawdy, „fanaticism for veracity“, jak mówił Huxley, fanatyczne dążenie do rzetelności i prawdy, \* to ~~jest~~ podkład etyczny, odpowiadający tym naukom i przez nie wzmocniony. Prowadzą one walkę z blagą i frazesem, \* chorobami, które toczą nasze społeczeństwo i zniekształcają nasz język literacki, zwłaszcza w ~~tych~~ dzielnicach, które, przez długi okres czasu, pod obuchem politycznej niewolności, jak najstaranniej tępić musiała zmysł prawdomówności.

↓ u wielbienia

Roztrząsania nasze doprowadzają nas ostatecznie do następujących wniosków. Przyznać musimy, że tradycyjne nasze wychowanie klasyczne jest w znacznej mierze przyczyną dobrze nam znanej anemii społecznej i skłonności do biurokratycznej formalistyki; wywołać ono może, co najwyżej u szlachetniejszych jednostek, zamiłowanie do biernej, estetycznej kontemplacji albo literackiej tęsknoty za dawno minionymi czasami.

(nie spac)

ber 2 cap. ← Nie tego nam potrzeba. Nie potrzeba też owego krótkowzrocznego, płaskiego utylitaryzmu, jaki się często objawia u niedokształconych należycie absolwentów szkół realnych, w skutek naukowych niedostatków dotychczasowego ~~ich~~ planu. Przedrzemaliśmy w letargu wiele dziesiątów lat, podczas gdy świat pędził dalej, w szalonym tempie. Budzimy się w chwili, dla naszej przyszłości rozstrzygającej; \* łączymy się w dążnościach narodowych. Ale to samo jeszcze nie wystarczy.

↳ który

↳ tych szkół

(Chwila) \* w niejednym przypomina epokę z przedednia Komisji Edukacyjnej. Zdobądźmy się więc na podobne, szeroko i zdrowo obmyślane dzieło reformy wychowania. Czas największy, żebyśmy (się zorientowali), że żyjemy w wieku XX; \* żebyśmy (sobie kuł) broń, którą (się walczy) w czasach dzisiejszych, t. j. wyszkolenie w naukach ścisłych, znajomość praw przyrody, umiejętności techniczne, obrotność gospodarska.)

↳ dzisiejsza

(Potrzeba nam ludzi o światopoglądzie nowoczesnym, a zarazem o pewnym idealizmie życiowym; \* zamiłowanych w nauce i zdolnych do pracy pozytywnej, zgodnej z obowiązkiem społeczno-narodowym. Ludzi takich przygotować może tylko wykształcenie, zastosowane do postulatów życiowych doby obe-

↳ ludzi

nie spac



nej, uwzględniające nauki ścisłe w szerokim zakresie i z metodą celowo obmyślaną.

dotąd

Profesor dr. Ludwik Bykowski (Lwów):

Jak każdy przedmiot, tak i nauki przyrodnicze w ściślejszym znaczeniu, czyli historia naturalna, mają w szkole średniej ogólnokształcącej cel dwojaki: jeden materalny, to zdobycie pewnej ilości wiadomości realnych, drugi, formalny, rozwój umysłu wychowanka i jego władz.

Bezpośrednie znaczenie w późniejszym życiu mają nauki nasze dla znacznej ilości zawodów, zwłaszcza, jeśli praca nie ma być traktowana rzemieślniczo: opiera się na nich lekarz, posługuje aptekarz i weterynarz, a w innym kierunku rolnik, ogrodnik i leśnik, nie obejdzie się bez nich górnik, a w wielu wypadkach potrzebuje ich pomocy technik i przemysłowiec. Dla innych działów i zawodów oczywiście nie mają one bezpośredniego znaczenia, o ile się stoi na stanowisku ciasnego utylitaryzmu, chociaż pewne działy, jak wiadomości o budowie i czynnościach własnego ciała, jakoteż zasady zachowania zdrowia, więc znajomość somatologii i zasad higieny mają wartość powszechną. Równie szerokie zajmuje stanowisko znajomość praw i objawów życia umysłowego, więc psychologia i psychofizjologia, bez której nie może przecie się obejść ani żaden pedagog, kapłan, sędzia, adwokat, lekarz...

Nauki przyrodnicze mogą zatem służyć do celów czysto praktycznych, ale jeśliby tak zakres ich zacieśnił, wtenczas znika ich wartość edukacyjna, chociaż zawsze zachowuje się skuteczność ekonomiczna. „Bez treści duchowej są one tylko pewną tresurą ręczną”. Można w najdrobniejszych szczegółach opanować np. znajomość anatomii, a przecież pozostać człowiekiem niewykształconym, być tylko zmechanizowanym rzemieślnikiem, jeśli umiejętność ta nie stanie się organiczną częścią naszego zapatrywania na całość świata.

Lecz, jeśli nieco wyjdziemy poza obręb tego najsłabszego, samolubnego utylitaryzmu, jeśli staniemy na stanowisku ogólniejszym, społecznym, a tylko takie może uznać człowiek współczesny kulturalny, mówiący o kształceniu młodzieży, zakres rozszerza się i wykazuje, że nauk tych nie można ograni-

czyć do szkół fachowych, lecz musi się je wprowadzić w program ogólnego wykształcenia.

Powołam się na zdanie Szczepanowskiego, że społeczeństwo nie potrzebuje samych tylko „specjalistów“, ale winno w całym swym składzie opierać się na ludziach mądrych. A mądrość, to „zrozumienie przez człowieka tego miejsca, które zajmuje w życiu, w świecie, w swej ojczyźnie, rodzinie, społeczeństwie“.

Więc oczywiście człowiek wykształcony winien orientować się w przyrodzie, winien przede wszystkim znać przyrodę ojczystą. Oczywiście wobec ogromu materiału, którego w całej rozciągłości nawet fachowiec nie może ogarnąć, ograniczyć się należy do form najbardziej typowych i ważnych z jakiegokolwiek bądź względu, co do ogółu, to nie chodzi o szczegółową wiadomość tę czy ową, jak raczej o znajomość metody zdobycia tej wiedzy w razie potrzeby, o zdolność orientacji i umiejętność znalezienia samoistnego rozwiązania kwestyi i odpowiedzi.

Ale nie tylko fizyografia ziemi ojczystej ma wejść w program wykształcenia ogólnego. Wszak nauki przyrodnicze starają się odpowiedzieć na cały szereg zasadniczych zagadnień, dotyczących istoty świata i naszego „ja“ i wzajemnego ich stosunku, wskazują na ściśle i nieodmienne prawa „nieodzowne, żadnego nie cierpiące wyjątku“.

Zatem absolwent szkoły średniej powinien znać budowę poszczególnych typów roślin i zwierząt w kolejnem doskonaleniu się, winien znać zasadnicze zjawiska życiowe stopniowo co raz bardziej komplikujące się, winien zrozumieć zasady współczesnego systemu, jako wyrazu rozwoju i doskonalenia się, ma on widzieć ów żywy związek organizmów z otoczeniem i być świadomym tych wielkich praw, jakie rządzą przyrodą żywą, jak dziedziczność, zmienność, wpływ warunków i przystosowanie, rozwój i doskonalenie się znaczenie świata roślinnego dla całości życia nawet kulturalnego co ujawnia się i w obecnej wojnie, w której nasze ziemie żywią całą Europę środkową, zadając kłam frazesowi o bierności. Na tem dopiero ogólnem tle winien uczeń przedstawić sobie budowę i czynności własnego organizmu, i zrozumieć zasady zachowania zdrowia. Podobnie winien zdobyć wiedzę ogólną o ziemi, jej stanie dzisiejszym i przemianach, jakim ulegała w ciągu wieków. Lecz nie

tylko winien on znać fakta, lecz również je rozumieć, więc poznać też teorie, jakie starają się je wyjaśnić. Znajomość ich jest chyba konieczna dla ogólnego wykształcenia, a nauka szkolna wystrzegając się wszelkiej stronniczości i nie wiążąc się z jakimkolwiek systemem bezwzględnie, ani go nie narzucając wychowankom, winna w nich wyrobić zdolność krytycznej oceny, by stanęli oni z pełnem zrozumieniem wobec tych zasadniczych zagadnień, a nie dali się brać na lep frazesom różnych „popularnych” wydawnictw i pseudonaukowych dyskusji.

Równie ważne, jeśli nie ważniejsze dla szkoły średniej, jest wykształcenie ogólne, wyrobienie władz umysłowych, urobienie charakteru. Jeśli rozwinie się dostatecznie umysł, jeśli wyrobi szlachetne zamiłowania i ambicje, to wrodzona pojętność pozwoli każdej chwili samodzielnie dopełnić w razie potrzeby te, czy owe braki drobiazgowej nauki. A w tym kierunku pierwszorzędne znaczenie mają nauki przyrodnicze. „Interpretacja natury daleko wyższym jest celem — powiada Szczepanowski — aniżeli interpretacja jakichkolwiek tekstów. Nauki przyrodnicze, pojęte w należyтым kierunku, jako dyscyplina umysłowa, dostarczają najlepszej gimnastyki umysłowej, lepszej od interpretacji reguł gramatycznych. Proszę przedstawić sobie regułę gramatyczną, która zawsze wymaga mnóstwa wyjątków, lub pojęcie prawa pozytywnego w zakresie ustawodawstwa, które często jest tylko konwencyjonalne i proszę porównać je z pojęciem ścisłym prawa natury. To pojęcie ścisłe jest jednym z najpotrzebniejszych czynników umysłowych, który nie da się osiągnąć filologią, bo wymaga interpretacji natury, jaka odbywa się na terenie przyrodniczym”.

Jeśli zechcemy rzecz szczegółowiej rozebrać, to na pierwszy plan wysunie się rozwój władz poznawczych: zmysłu spostrzegawczego, oryentacji, ścisłości rozumowania i krytycyzmu tak wobec siebie, jak i innych. Już na najniższym stopniu należy położyć właściwy nacisk na rozwój zdolności patrzenia i widzenia, choćby z pewnem ograniczeniem wiadomości szczegółowych, uderzającym jest, jak często uczniowie nasi nie mogą samodzielnie wyznać się w najprostszych rzeczach, a zdarza się, że zdolności te nie tylko nie rozwijają się z biegiem lat, lecz owszem cofają, znam przykłady, że gdy uczniowie w klasie pierwszej samodzielnie rozwiązywali przedstawienie kwestyi, szóstacy po-



szukiwali odpowiedzi w wyuczonych formułach, a nie znajdując w nich gotowego załatwienia stawali bezradni, lub puszczali na fale frazesu. Nauki przyrodnicze, jako obracające się w określonych ramach doświadczenia pozwalają na ścisłą kontrolę naszych wniosków i poglądów, wyrabiają więc ścisłość myślenia, krytycyzm. Ażeby nie ograniczyć się do słownych twierdzeń, lecz oprzeć się na faktach podam parę przykładów wyrażających liczbowo te stosunki. Ścisłych badań w tym kierunku mamy nie wiele, przykłady biorę z własnych spostrzeżeń. Przy pomocy stosownych testów określałem liczbowo wartości wskaźników rozmaitych władz u uczniów zakładu, gdzie pracuję. Drobiazgowe zestawienia szczegółów poczyniłem w klasie, w której gospodarzyłem przez szereg lat, a która zdała maturę w roku 1913, z tego materiału wybieram przykłady. Oto gdy wskaźnik spostrzegawczości wynosi u uczniów tej klasy przeciętnie 81, u przyrodników podnosi się na 95·6, gdy u filologów spada na 78·8! Przeciwnie ma się rzecz z pamięcią słów, kiedy filologowie okazują wskaźnik 75·4, zamiłowani historycy 72·7, przyrodnicy tylko 71·9. Ale już w pamięci wzrokowej stosunek się odwraca, i przyrodnicy ustępują miejsca jedynie rysownikom w kierunku pamięci barw, jeśli zaś chodzi o wzrokową pamięć logiczną wybijają się nieproporcjonalnie nad inne grupy: wskaźnik przyrodników 80·1, rysowników 60·6, a filologów ledwie 25·6, więc mniej, niż trzecia część. Dla ścisłości zaznaczam, że każda z tych grup obejmowała uczniów rozmaitego stopnia z uwagi na wyniki klasyfikacyjne, chociaż większość przedstawiała się lepiej, niż szary przeciętny ogół, którego nota przeciętna według naszego galicyjskiego systemu wynosiła 2·39, wobec 1·80 przyrodników, a 1·87 lingwistów. Wybitne też cyfry okazuje podatność wobec sugestyi, jako do pewnego stopnia ujemny wskaźnik samodzielności i krytycyzmu, oto wskaźnik ten u przyrodników wynosi 48·6, u filologów 61·4. W związku z tem podnoszę inny szczegół. Oto uczniowie moi, którzy przeszli kursa w laboratorium gimnazjalnem, a później poświęcili się medycynie, zdobyli sobie opinię szczęśliwych w wykrywaniu najrozmaitszych anomalii podczas preparacyi zwłok w prosektoryum. Sądzę, że źródłem ich „szczęścia“ jest przyzwyczajenie do krytycyzmu, zwykły medyk nie zwraca uwagi na anomalię, bo nie mówi o niej podręcznik ani atlas, często sam siebie fałszywie sugge-

ruje przypuszczając złą preparację, gdy tamten bada sam, a kontrolując potem książkę, wykrywa nowość. Przedwczesne byłoby na podstawie tych niewielu cyfr wyprowadzać jakieś dalej idące wnioski, mimowoli jednak nasuwa się myśl, czy nie pozostaje w pewnym związku i zależności dążenie pewnych rządów do jaknajwiększego zmechanizowania swych obywateli i usunięcia samodzielności myśli z równoczesnem ograniczeniem nauk przyrodniczych w szkole, przy nadmiernej preponderancyi języków jak w Rosyi, lub zwłaszcza w Prusiech, gdzie nie tylko obowiązują powszechnie oba języki klasyczne w przyniatającej ilości godzin, nie uczy się nadto hebrajszczyzny. W każdym razie cyfry te, jako wyraz matematycznej ścisłości, mają dla poparcia wartości kształcącej nauk przyrodniczych bądź co bądź poważne znaczenie.

Oczywiście jednak wartość ta okaże się istotną i trwałą, jeśli zastosuje się właściwą metodę, jeśli wiadomości będą nauczane, jak wyrazili się twórcy Komisji Edukacyjnej, „na rozum, nie na pamięć“, jeśli nie będą wgadane, lecz samodzielnie przerobione. Jestem zdania, że jedno samodzielnie rozważone i przeprowadzone doświadczenie większą ma wartość, niż cały szereg wysłuchanych lekcji. Przeprowadzam obecnie doświadczenia w tym kierunku, by poznać efektywność poszczególnych metod, środków i zabiegów dydaktycznych, ograniczam się do jednego przykładu. Oto uczniowie, z którymi przerobiono w klasach niższych materiały naukowe według zbiorowisk i pór roku, okazali obecnie w klasie piątej 79·8% odpowiedzi trafnych odnoszących się do zasobu wiadomości botanicznych ze stopnia niższego, wobec 69·3% u uczniów tych, którzy przerabiali materiały w sposób zwykły, systematycznie. Doświadczenie poruszało się w zakresie znajomości roślin; różnice okażą się jeszcze znaczniejsze, gdy przejdziemy do kwestyi biologicznych (66·7 i 53·9), co najciekawsze, że nawet zadanie z systematyki (wyliczenie typów) okazuje również przewagę na korzyść uczenia „niesystematycznego“ 42·5 : 32·5.

Lecz nie tylko w kierunku intelektualnym nauki przyrodnicze mają zasadnicze znaczenie, one mogą przyczynić się do urobienia uczuć, wpływać na charakter.

Uczucia intelektualne, jako związane z pojęciem prawdy lub fałszu, łączą się z każdą rzetelną pracą umysłową, tu jednak

wobec konkretności sprawdzianów naszych dociekań uzyskują one grunt o wiele pewniejszy i ściślejszy.

Nader ważną rolę mogą nauki przyrodnicze odgrywać w kierunku estetycznym. Nietylko wykrywając nowe dziedziny piękna, że wskażę tylko na cały świat istot mikroskopowych, lecz przedstawiając przyrodę z jej harmonią i ładem odwiecznym odpowiednio pokierowane wpływają w pierwszej linii na rozbudzenie smaku estetycznego, lub zwracając uwagę na nieznane laikowi prawdziwe „naturalne dzieła sztuki“. Zupełnie nie chodzi tu o jakąś sztuczną estetyzację, o robienie nowego rodzaju poezji z nauk przyrodniczych, miałyoby się to z głównem zadaniem i zaprzepaszczało istotną ich wartość kształcącą. Nie należy więc zupełnie narzucać jakichś estetycznych sądów czy teorii, owszem trzymając się właśnie metod przyrodniczych wyrobić jedynie okolicznościowo zdolność estetycznego poznania. Słusznie bowiem pisze Nusbaum, iż „trzeba rozumieć naturę, pojmować jej działania i kształty, umieć czytać w jej księdze, by módz się prawdziwie zachwycać i należycie odczuć całą pełnię jej dziwnych uroków. Jak przy oglądaniu obrazu historycznego konieczna jest znajomość treści dzieła, tak samo głębiej wnikać można w piękno natury przy rzeczowem jej rozumieniu: Czyż mogli Francuzi odczuć prawdziwe piękno „Powitania stepu“ Brandta, mimo, że pisali wprawdzie hymny pochwalne na jego cześć w swych sprawozdaniach, lecz kozaków uważali za karawanę Arabów na oazie. A jakież wrażenie może robić matejkowski „Rejtan“ na tych wiedeńczykach, którzy uważają go za scenę karczemną? Zresztą sami artyści przyznają, że niedoścignionym wzorem pozostaje zawsze przyroda, mimo, że każde ich dzieło uduchowione zostaje idealną szatą indywidualności twórcy. Co więcej, studyowanie byle jakich tworów sztuki mogłoby młodzież zaciągnąć w służbę grymaśnego smaku, co nie może mieć miejsca przy kształceniu na takich wzorach, których wartość nie maleje z biegiem lat i nie zna różnicy mody i upodobań chwilowych, które to wzory są wiecznie młode, czerstwe i bez zarzutu, a taką jest nasza przyroda.

Również w dziedzinie etyki mogą nauki nasze skutecznie współdziałać. Zrozumienie, że każde stworzenie istnieje dla siebie, a nie na to, by nam służyło, poznanie, że człowiek nie jest samowładcą świata, lecz najmłodszym dzieckiem przyrody, może



tylko dodatnio wpłynąć na rozwój uczuć przez ukrócenie zarozumiałości i pychy. Świadomość wspólnego pochodzenia nawołuje nas do obowiązku uznania wszystkich ludzi za braci, zaniechania waśni i fanatyzmu, zarozumiałości rasowej, rodowej, umysłowej, czy kastowej. Lecz występując przeciw szowinizmowi zupełnie nie przeszkadzają rozwojowi uczuć patriotycznych. Owszem należycie kierowane mogą się stać potężnym czynnikiem do wyrobienia pozytywnego patriotyzmu. Wszak w przyrodzie widzimy bezwzględną walkę o byt, która i w stosunkach ludzkich się ujawnia, a zwycięstwo w niej i to nie przejściowe, lecz trwałe można uzyskać, jedynie drogą podniesienia się i doskonalenia. W walce tej zacieśniają się węzły całości, na plan pierwszy wysuwa się byt i dobro gatunkowe, czy rodowe, wobec którego osobnik jest czemś nader drobnem i podrzędnym. Stąd też obserwując życie zbiorowe w przyrodzie widzimy tam bezgraniczne niemal poświęcenie dla dobra całości, zupełne stłumienie egoizmu na rzecz uczuć społecznych altruistycznych. Lecz nie tylko to. Przecie góral dostawszy się w obce ziemie, choćby zamożniejsze od rodzinnych skał, przecież tęskni do swych gór i hał, do przyrody, w jakiej się wychował, jak dla kozaka niema życia poza rodzinnym stepem, a chłop wielkopolski woli marznąć w dole wygrzebanym na miejscu chaty, z którego mu nawet piecyk, czy kuchenkę zabrano, niż porzucić ziemię, „skąd nasz ród“. A jeśli nie mamy ograniczyć się do naszego partykularza, musimy poznać ziemię naszą w całej rozciągłości. „Człowiek wzmoże w sobie miłość ziemi ojczystej, gdy tę ziemię pozna na wsze strony“, mówi K. Libelt. A wtedy słowo Ojczyzna przestanie być dla młodzieży pojęciem oderwanem, przestanie być tylko oddźwiękiem przeszłości, wspomnieniem mogił, i nutą pieśni narodowej, lecz okaże się ideą żywą, przemówi szumem swych lasów, szmerem rzek, kwiecistym strojem łąk, majestatem gór, potęgą i urokiem polskiego morza!

Podobnie ważne znaczenie odegrać mogą nauki przyrodnicze w dziedzinie życia osobnikowego w kierunku wyrobienia zasad etycznych, wspominam tylko o zrozumieniu szkodliwości alkoholizmu lub nikotynizmu. Lecz nie tylko samo uświadomienie i zrozumienie zła, choć i to jest czynnikiem potężnym, ale i bezpośrednio wyrobienie charakteru wiąże się z prawidłowo prowadzonym tokiem nauki. Jeśli się nie ogranicza nauki do pa-

mięciowego przyswajania w izbie szkolnej, jeśli obserwacya natury przenosi się do pracowni i na świeże powietrze, natenczas pokonywanie trudów w marszach wycieczkowych, skrupulatność w żmudnem czasami preparowaniu drobiazgów rozwija z jednej strony zaufanie do sił własnych, rodzi przedsiębiorczość i poczucie energii zręczność i subtelność ruchów, a z drugiej nie tylko rozwija intelektualnie, lecz wyrabia też ścisłość, sumienność, wytrwałość i cierpliwość w pracy nieraz nieefektywnej, a tą drogą powstają nowe przysposobienia ułatwiające opanowanie wad, a spotęgowanie zalet w ogóle. To też istotnie wszyscy niemal wielcy biologowie, jak powiada Nusbaum, miłujący życie w naturze, odznaczali się również w wysokim stopniu miłością dla życia ludzkiego, współczuciem dla cierpień ludzkich i zawsze przejęci byli najwznioślejszemi zasadami społecznemi, oraz ideą altruizmu względem współtostów swoich. Lamarck, Darwin, Huxley, a z naszych badaczy Kopernik, Śniadeccy, Chałubiński, Dybowski, czyż to nie świetlane wzory patryotyzmu, poświęcenia i miłości dla ludzi i wszystkiego, co wzniosłe, piękne i szlachetne! Nawet najzagorzalsi przeciwnicy nie mogą odmówić im zalet wielkiego ich serca.

\*

Lecz, by nauki przyrodnicze spełniały swe zadanie wychowawcze i kształcące, muszą być we właściwy, współczesny sposób prowadzone, nie mogą zamknąć się w dusznej sali szkolnej, ograniczyć do biernego przyjmowania na ślepo wgadanych poglądów, lecz stać się nauką czynu i pracy. Szczegółowe przedstawienie metod i sposobów wychodzi jednak poza ramy dzisiejszego mojego zadania.

#### IV. Dyskusya i wnioski.

Profesor Uniw. dr. K. Nitsch (Lwów).

W sporze między profesorem Morawskim a profesorem Smoluchowskim przechylam się na stronę drugiego: nie zaprzeczam wprawdzie pewnej wartości gramatyki dla wykształcenia formalnego, nie tylko pamięci, ale godzę się, że w porównaniu z wartością kształcącą nauk ścisłych jest ona mała. Chcę jednak dać do dyskusyi pewne uzupełnienie: pominięto w niej zupełnie naukę gramatyki języka polskiego jako języka ojczystego; filolog klasyczny podnosi tylko jasność, precyzję i konsekwencję gramatyki łacińskiej, fizyk widzi w ka-

zdej gramatyce tylko elementy pamięciowe, wreszcie — rzecz bardzo godna uwagi — poloniści o gramatyce polskiej ani słowem nie wspominają, rozumiejąc przez „język polski“ w szkole tylko lekturę, historię literatury i jakąś nieokreśloną naukę stylu. Tymczasem właśnie gramatyka polska ma ogromną wartość w kształceniu umysłu: ona jedna z gramatyk zupełnie nie opiera się, t. j. nie powinna się opierać na nauce pamięciowej, ale powinna na materyale każdemu bez wyjątku bezpośrednio danym wyrabiać zdolność obserwacji, a dalej zdolność grupowania i uogólniania; jeżeli dodamy, że przy nauce fonetyki możliwe są nawet elementarne eksperymenty, to zobaczymy, że metodologicznie bliższa jest nauka języka ojczystego naukom przyrodniczym niż humanistycznym, wspomniana zaś wyżej obserwacja własnej mowy przygotowuje do introspekcji psychologicznej. Tak pojęta gramatyka polska winna znaleźć w szkole szerokie zastosowanie; niestety, traktowana przez wielu polonistów mechanicznie, uważana przez nich samych za kopciuszka wobec lektury, nic dziwnego, że u niespecjalistów budzi tylko lekceważenie.

Jan Śnieżek (Kraków). Tak w zagajeniu, jak we wszystkich odczytach o ogólnym ustroju szkoły polskiej i o znaczeniu poszczególnych przedmiotów, podnosili prelegenci znaczenie etyki w wychowaniu; widocznie w tym względzie poprawa daje się ogólnie odczuwać.

Skutkiem jednostronnego zapatrywania się na świat utrzymuje się dotąd przekonanie, że człowiek tylko walką utrzymać się może

Wychowanie szkolne stara się też przedewszystkiem o to, aby przygotować młodzież do walki o byt, którą uznano za główną kierowniczkę świata a w połowie 19 wieku ogłoszono za dogmat naukowy. Tymczasem walka nie jest ani tak wszechwładną ani tak konieczną, za jaką ją ogłoszono.

Utrzymuje się do dziś człowiek co prawda kosztem życia innych organizmów; sama walka jednak doprowadziłaby świat organiczny już dawno do zagłady, gdyby nie drugie prawidło, równie ogólne, choć mniej bijące w oczy, a tem jest wzajemne popieranie się w życiu, bez którego kasta wojowników zginęłaby już w pierwszym pokoleniu. To popieranie się wzajemne w całej przyrodzie istnieje, objawia się jednak nie tak hałaśliwie, więcej spokojnie, często mimowolnie i zupełnie nieświadomie; trudniej się go zatem dopatrzeć, zwłaszcza że całe wychowanie już od wieków jest przepełnione tylko opisywaniem walki, i sławieniem bohaterów wojennych — na inne zaś sprawy nasz zmysł spostrzegawczy został przytępiony.

W świecie roślinnym, gdzie panuje taki spokój i harmonia, gdzie jedne rośliny drugim grunt do życia przygotowują, miejsca im ustępują, schronienia im udzielają, pokarmami się dzielą, dopatrujemy się chętnie tylko walki. W stosunku zwierząt do roślin, gdzie jedne drugim do odżywiania i rozmnażania pomagają, widzi się także przedewszystkiem tylko walkę, a w świecie zwierzęcym, zdaje się, że niema już nic inne-



go prócz walki, a tymczasem nawet walka jednych zwierząt popiera drugie.

To wzajemne popieranie się jest niewątpliwie silniejsze niż walka i ono a nie walka przyczynia się do postępu w przyrodzie.

Jednemu i drugiemu prawu ulega cała przyroda bezwiednie i ani zwierzę nie może rozszerzyć zakresu jednego prawa kosztem drugiego, nie może wpłynąć na zmianę stosunków przyrodniczych, nie może postarać się o to, aby wytworzyć sobie więcej środków utrzymania. Człowiek jedynie potęgą swego umysłu może pokierować przyrodą ku swojemu pożytkowi i umożliwić życie we wszystkich podniebiach wielokrotnie większej liczbie osobników, niż to w warunkach naturalnych jest możliwe.

Walka nie jest zatem dla człowieka jedynym sposobem utrzymania bytu — a powoływanie się na walkę wśród zwierząt i usprawiedliwianie jej wśród ludzi jako przyrodzonego prawa jest niegodne człowieka i należy ją pozostawić tym, którzy człowieczeństwa w sobie jeszcze nie poculi lub je zatracili.

Zmienić stosunki naturalne można tylko ciągłą, usilną i wspólną pracą i do tej wspólnej pracy i wspólnego pożytku powinno zaprawiać rozumne wychowanie, które ma zrobić z człowieka natury, człowieka prawdziwej kultury.

Kto nie chce pracować, ten musi rabować, raz to trzeba sobie uświadomić i pracy z walką nie mieszać.

Tymczasem dziś w całym wychowaniu tak się rzecz przedstawia, że tylko bohaterowie wojenni życia bronią, ich tylko gloryfikuje historia, sławią poeci, przedstawiają malarze, ich stawia się za przykład do naśladowania i dzieciom, chodząc jeszcze nieumiejącym, przypina się szable i daje strzelby do ręki.

Młodociane, krewkie umysły, napojone od kolebki takimi pojęciami, walki tylko szukają i utarczki wzajemne są na porządku dziennym.

Jedno zaglądnięcie do gmachu szkolnego odrazu wskazuje, jaki duch w nim panuje. Odrapane i powalane ściany, połamane ławki i stołki, zaśmiecona podłoga, podarte mapy i obrazy, potłuczona kreda i potargana gąbka, świadczą, że walka tu góruje ponad wszystko, tak, że nawet mówienie o innych sprawach w takim otoczeniu zakrawałoby na ironię.

Praca do dziś jest za mało ceniona, a widok ciężko pracującego człowieka wywołuje pewien rodzaj pogardy, natomiast człowiek nie ze swej pracy żyjący, bywa otoczony szacunkiem i budzi uczucia zazdrości. Nie mamy uznania dla pracy cudzej, nie mamy też zamiłowania i przywiązania do własnej.

Praca nakłada niewątpliwie pęta, wymaga karności i ogranicza wrodzoną a tak silną chęć swobody i może dlatego ma ona u nas tak mało zwolenników.

Uważamy pracę za zło konieczne i nie ona jest warunkiem użyskania sławy, dostojęństw, nawet dobrobytu. Podziwiamy raczej tych,

którzy talentem, sprytem i szczęściem doszli do stanowiska i majątku niż tych, którzy dopięli celu uczciwą pracą i wytrwałością.

Młodzież już dobrze o tem wie, że praca uznania nie znajduje.

Wszak bohaterowie uczniom przedstawiani są to przeważnie dzieci szczęścia, urodzenia, przypadku, tęgich plec swoich lub cudzych, a o ludziach pracy prawie się im nie wspomina. Dopóki w wychowaniu taki duch będzie panował, napróżno będziemy wymyślać środki, jak uczniów do pracy zachęcić. Pocóż ciągle się wysilać, kiedy jeden szczęśliwy traf wystarczy, by dobry byt osiągnąć a nawet zostać bohaterem.

Dotychczas w szkole tak się rzecz przedstawia, że przodkowie nasi nic nam w spuściznie nie pozostawili, jak hasło

„Najwyższem życiem jest życie żołnierskie

„Najśrodszą śmiercią jest śmierć za ojczyznę.

I pocóż podniecać ciągle i u wszystkich ludzi ducha wojowniczości? Gdy wróg napadnie najdrobniejsze stworzenie, ono znajdzie w sobie dosyć odwagi, aby bronić siebie i swego gniazda. Znajdzie tę zdolność w sobie także człowiek w razie potrzeby bez wszelkiej nauki i nie tak trudno rozbudzić wojownicze instynkta, tkwiące w każdym człowieku.

Pouczać nas raczej trzeba, jak dla ojczyzny stale pracować, „by ją dźwignąć, uszczęśliwić, by nią cały świat zadziwić“.

Dosyć jest co dzień sposobności do tego, by się ojczyźnie przysłużyć, by zostać bohaterem, trzeba to sobie jednak uświadomić, że większym bohaterem jest ten, kto całe życie wszystkiego sobie odmawiając, potrafi jedno dziecko wychować na pożytecznego członka społeczeństwa, niż kto w jednej godzinie zgładzi setki nieprzyjaciół.

Wychowanie powinno wpoić w młodzież przekonanie, że żmudna, codzienna twórcza praca zasługuje przedewszystkiem na uznanie, takie wzory powinno się jej przedkładać do naśladowania i do takiego bohaterstwa zachęcać.

Wychowanek dzisiejszej szkoły do takiego spokojnego, pracowitego życia zupełnie nie jest przygotowany. Gdy do walki z wrogiem niema sposobności, zajęcia wynaleźć sobie nie może, szuka zaczepki lub nudzi się i popada w odrętwienie, schodzi wreszcie na bezdroża. Ile zadowolenia znalazłoby tacy, gdyby ich nauczono, że oprócz walki istnieje także druga, ważniejsza strona życia — wzajemne popieranie.

Nie walka jednej warstwy społecznej z drugą powinna być myślą przewodnią w życiu, lecz wspólne ich pożyte.

Jeśli wszyscy wspólnie starać się o to będą, aby wszystkim było lepiej, a nie jednym tylko, jeśli każdy własną pracą przyczyni się do ogólnego dobra, to do obrony takiej ojczyzny nie trzeba sztucznie podniecać.

A pocóż młodzieży przedstawia się takie zwyrodniałe osobniki, jak Nero, Heliogabal, Kaligula i wielu wielu innych? Czy to, że ktoś był na tronie, prowadził tyle a tyle wojen i miał tyle a tyle dzieci,

już jest dostateczną podstawą, aby był czynnikiem wychowawczym? Nieugruntowana moralnie młodzież tylko się tem zaciekawia, roznamietnia i podobnych przeżyć doznać usiłuje a odstrasza ją nie działa to na nią wcale. Może wyliczanie całych szeregów panujących było potrzebne wówczas, gdy według ich nazwisk liczyło się czas i ze względu na chronologię nie można było żadnego opuścić, ale dziś?

Wypędzić trzeba precz ze szkoły całego dotychczasowego ducha wychowania, usunąć sławienie wojen i bohaterów wojennych a akcentować to, co ludzi uszlachetnia i do wzajemnego pożycia prowadzi, widzieć bohaterów nie w wojownikach, lecz w sumiennych pracownikach. Nie podnosić tak jak dotychczas wątpliwej wartości korzyści, jakie jedna wojna przyniosła a druga z powrotem zabrała, lecz przedstawiać straty, jakie cała ludzkość przez wojny poniosła, jakie chuci rozpętała, ile nie-szczęść sprowadziła na całkiem niewinnych ludzi tak po stronie zwycięzców, jak zwyciężonych.

Zasada wzajemnego popierania się w życiu nie obcą jest ludzkości tak, jak nauce szkolnej, wiele przykładów budujących w tym względzie znaleźć można tak u ludów starożytnych jak w czasach nowszych. Jest ona wprawdzie jeszcze daleką od chrześcijańskiego ideału wzajemnego miłowania się, ale przecież stanowi krok naprzód. Ten krok mniej od wagi zrobić w naszym wychowaniu.

Niespożytą zasługę zaskarbi sobie kto taką zmianę ducha w wychowaniu przeprowadzić potrafi, ten będzie prawdziwym bohaterem.

Oby szkoły polskie były w tym względzie przykładem dla innych!

Dr. Rudnicki. Jeżeli się gramatykę traktuje jako naukę reguł, zawartych w książce, to istotnie większa z tego szkoda, niż korzyść. Jednak na gramatykę trzeba się patrzeć jako na opis zjawisk językowych, zachodzących w świecie zewnętrznym i w naszej duszy. Język zaś jest zjawiskiem biologicznym, socjologicznym i psychicznym: zjawiska też z tych zakresów należy widzieć przy nauce gramatyki — oczywiście przy nauce przedewszystkiem gramatyki ojczystej<sup>1)</sup>, ale nie wyłącznie. Przecież i nauka fizyki byłaby czemś bezsensownym, gdybyśmy poza sformułowaniami w podręczniku prawami, poza jego opisami nie widzieli zjawisk przyrody, ale tylko i jedynie papierowe twierdzenia podręcznika.

Tak samo się rzecz ma z gramatyką. Uwagi nad gramatyką w dziejszych referatach są dowodem, że źle Szan. referentów uczono gramatyki w szkole średniej; niezdawanie sobie przez nich sprawy z istoty rzeczy — nie jest ich winą.

Człowiek żyje obecnie przedewszystkiem w społeczeństwie, jego stosunek osobisty do przyrody naprawdę w życiu niewiele zajmuje miej-

<sup>1)</sup> Dow. Dr. Rudnicki kończy obszerną rozprawę o nauczaniu języka ojczystego (polskiego) w szkole średniej, gdzie omawia wartości wychowawcze, zakres, metody i całą dotychczasową literaturę tej nader ważnej sprawy wychowawczej. Prosi też Szan. Kolegów o nadsyłanie choćby listownie uwag, dotyczących tej bolączki naszego szkolnictwa. Autor nie omieszka z wdzięcznością wymienić tych którzy mu posłużą trafnymi uwagami. Adres: Rudnicki, Kraków, Senatorska 11. II.



sca. Niewątpliwą jest prawda, że nauki przyrodnicze dają podstawę, na której się opiera stosunek całej ludności do przyrody, ale nietyłe stosunek indywidualny. Fakt zaś, że jednostka przedewszystkiem jest częścią społeczeństwa, wzywa do nauk społecznych jako nader ważnych, a jedną z najważniejszych nauk społecznych jest właśnie nauka o języku, co trzeba podkreślić w przeciwstawieniu do wyrażenia „gramatyka“, bardzo skompromitowanego.

Dr. M. Lewicka (Kraków).

1. Zjazd T. N. S. W. uchwala na następnym zjeździe nauczycielstwa polskiego rozpatrzyć także sprawę reformy wychowania dziewcząt, w szczególności żeńskiej szkoły średniej.

2. Zjazd T. N. S. W. uznaje potrzebę przedstawicielstwa kobiet w składzie władz szkolnych.

Ks. dr. B. Szulc (Lwów).

Nauka języka powinna być nie tylko nauką streszczania i pisania — ale nauką myślenia — przez cały ciąg szkoły — w niższych klasach na gramatyce, a zwłaszcza w klasach wyższych na nauce logiki i psychologii powierzanej polonście; ma być nauką mówienia przez wprowadzenie retoryki. (Nawiasowo prosił o rugowanie lektury Scherlocków i epizodów wojennych — pisanych źle po polsku i złych treścią — przez obfite dostarczanie lektury dobrej i pięknej).

Dyr. Missona (Brzesko).

Należy przesunąć naukę łaciny do kl. IV. a grekę usunąć z obecnych gimnazyów. Czas uzyskany użyć należy na gramatykę języka polskiego. W miastach stołecznych można zostawić po jednym gimnazjum klasycznym.

Dr. H. Witkowska (Kraków).

Zarząd Towarzystwa nauczycieli szkół wyższych zajmie się zaraz rozszerzeniem nauki historii polskiej i rewizją podręczników historii w szkołach średnich. Nauka dziejów porozbiorowych i statystyka ziem polskich winny być uwzględnione.

Prof. J. Gołębiowski (Lwów).

Nauka rysunków odręcznych jest obowiązującą we wszystkich klasach. Cel — a w związku z tym, tok i zakres nauki rysunków odręcznych ma być dwojakim: a) idealnym (ogólnie kształcącym) b) zastosowanym (wspomagającym wszystkie inne przedmioty naukowe).

Prof. L. Skoczylas (Lwów). Sekcja polonistów Koła lwowskiego:

Zjazd T. N. S. W. zwraca się do Rady szkolnej krajowej, aby w sprawie zmian pisowni proponowanych przez Akademię Umiej. ze względu na niepokonalne trudności dydaktyczne zajęła stanowisko samodzielne.

## V. Referaty.

P. Machniewicz Stanisław (Lwów)

przedstawił ważność „sztuki jako czynnika wychowawczego w szkole i w domu” w następujących punktach:

1. konieczność kształcenia zmysłu piękna w domu i w szkole;
  2. środki i cele;
  3. uzasadnienie założenia związku „Sztuka w szkole”;
  4. zarys jego organizacji. Cele, drogi, środki
- poczem Zjazd uchwalił jego wniosek:

Zjazd członków T. N. S. W. uznając konieczność uwzględnienia sztuki w wychowaniu szkolnem i domowem postanawia powołać do życia związek, poświęcony krzewieniu tych haseł w teorii i praktyce.

W tym celu Zjazd wybiera komisję organizacyjną, której zadaniem będzie rzecz całą szczegółowo przedyskutować, obmyśleć środki wiodące do urzeczywistnienia jej — a następnie zająć się zorganizowaniem takiego związku.

\*

Profesor Uniw. Jagiellońskiego St. Ciechanowski mówił na temat „Rola szkoły w walce z chorobami płciowymi”.

Zbytęczna tu wyliczać groźne następstwa chorób płciowych dla dotkniętych nimi jednostek. Rzeczy to powszechnie znane. Natomiast ogół nie docenia jeszcze należycie niebezpieczeństwa zwyrodnienia, zagrażającego całemu społeczeństwu w razie nagminnego rozszerzenia się tych chorób, ani też nie zdaje sobie jeszcze dostatecznie sprawy z tego, jak łatwo i jak rychło może tłące już zarzewie rozgorzeć i pójść po kraju płomieniem. Przypomnę więc, że już dziś liczba chorych płciowo w armiach jest kilkakrotnie większa, niż była przed wojną; że demobilizacja, mimo wszelkich środków ostrożności, plagę tę rozszerzy i zwiększy możebność zakażenia zwykłą drogą; że już wśród naszej ludności zaczyna się niezwykle przyrost liczby chorych, zwłaszcza tam, gdzie były kilkakrotnie dłuższe postoje wielkich armii. Przypomnę, że w razie rozpanoszenia się tych chorób krzewią się one łatwo, nieraz w rozmiarach przerażających, drogą sobie niezwykłą, a natomiast taką samą, jak inne choroby zakaźne: przez wspólne, należycie nie odkażone naczynia, bieliznę, łóżka i t. d., że w ten sposób szerzą się na całe rodziny, na drobną działość.

Wszak w epidemiach w gubernii włodzimierskiej, kurskiej, czer-nihowskiej, tą właśnie drogą zakażało się nieświadomie 80 do 93% chorych! Przypomnę jeszcze, że zaraza może objąć dosłownie prawie całą ludność, bo, jak w gubernii czer-nihowskiej, do 95% mieszkańców, że i u nas na Huculszczyźnie chora jest w niektórych wsiach piąta, a nawet czwarta część ludności. Huculszczyzna jest zarazem przykładem, jak trudno wytepić raz zagnieżdżoną zarazę weneryczną — w przeciwieństwie do większości innych chorób zaraźliwych. Zaraza bowiem na Huculszczyźnie wzięła początek jeszcze od przejścia wojsk rosyjskich na Węgry w r. 1848, a pomimo wyteżonej pracy, prowadzonej systematycznie przez lat dziesiątki, dotąd jej wytepić nie zdołano.

Stąd wniossek, że wobec chorób płciowych ma zapobieganie znaczenie jeszcze znacznie większe, niż w jakiegokolwiek innej chorobie zakaźnej. W akcyi zaś zapobiegawczej ma znów, ze względu na naturę i sposób szerzenia się tych chorób, ważne znaczenie ostrzeganie o niebezpieczeństwie. Dlatego też Wydział lekarski Uniwersytetu Jagiellońskiego wszczął jeszcze przed półtora rokiem pracę, prowadzoną obecnie przez oba Wydziały le-karskie w kraju i przez Powszechne Wykłady Uniwersyteckie lwowskie i krakowskie w postaci popularnych ostrzegawczych wykładów, pouczających o chorobach płciowych. Wykładów takich w całym kraju zorganizowaliśmy dotąd około 200, wśród nich jednak zbyt mało było wykładów dla dorastającej młodzieży.

A jednak tę właśnie młodzież trzeba szczególnie mieć na oku w dobie dzisiejszej, kiedy tak często brak jej opiekuńczej ręki ojcowskiej; kiedy tylu młodych chłopców, nie doszedłszy jeszcze zwykłego wieku abiturjentów, staje w szeregach i w ży-ciu żołnierskiem spotyka nieprzeczuwaną nieraz dotąd pokusę obok wszystkich niebezpieczeństw, jakie niesie życie gromadne na wojnie pod względem moralnym, jakie się piętrzą naokoło pod względem zdrowia fizycznego, pod względem zwłaszcza wszel-kich zakażeń — wśród tak często jak najbardziej niehigienicz-nych warunków. Jeżeli tego kwiatu narodu nie mają zwarzyć pod-stępna, czająca się zaraza, jeżeli nie chcemy doczekać się de-generacyi fizycznej, moralnej i umysłowej jutrzejszego czoła społeczeństwa i dalszych pokoleń, to trzeba tę młodzież przy-gotować do walki z niebezpieczeństwem, tem większem, im



mniej znanem. Trzeba jej dać zbroicę nie tylko hartownej woli, ale i wiedzy, trzeba ją uświadomić o całej groźbie sprawy.

Z całym naciskiem zaznaczam, że nie chodzi tu o uświadomienie o życiu płciowem, stanowiące pod względem wychowawczym zagadnienie zawikłane i do dziś jeszcze sporne. Takie uświadomienie wcale nie jest potrzebne do tego, aby pouczyć i ostrzedz o **chorobach**, zwanych płciowemi. Tylko to drugie jest w dzisiejszej dobie potrzebne, nietrudno wykonalne, a pod względem wychowawczym niczem nie zagraża, jeśli jest odpowiednio wykonane.

Ideałem byłoby oczywiście pouczanie indywidualne. O takim jednak możemy dziś myśleć niestety tylko w rzadkich przypadkach i nie będziemy go mogli osiągnąć, dopóki każda szkoła nie będzie miała lekarzy szkolnych, wykształconych zarówno specjalnie w zakresie swych zadań lekarskich, jak i nie obcych zadaniom i sposobom wychowania. Żywego słowa takiego lekarza-wychowawcy nie zastąpi całkowicie żadne słowo drukowane, żadna książka, której martwe wiersze nie dadzą odpowiedzi na dziesiątki pytań i wątpliwości, rodzących się w młodocianym umyśle. Jeżeliby więc dać w rękę nawet każdemu chłopcu rzecz tak doskonałą, jak „W imię Ojczyzny (Listy do syna), rady i wskazówki dla żołnierza polskiego“ dr. Mikołajskiego, to damy wprawdzie dużo, ale damy zawsze tylko surrogat.

Zanim zaś będzie możebne ustne pouczanie indywidualne, nie można tej trudności rozwiązać inaczej, jak przez ustne pouczanie zbiorowe. Jestem głęboko przekonany, że najwłaściwsze byłyby tu pouczenia, włączone w ramy systematycznych godzin takiego n. p. przedmiotu, jak somatologia i higiena i omawiające choroby płciowe łącznie z innymi chorobami zakaźnymi, ze szkodliwością alkoholu i t. p. I właśnie tutaj otwiera się wdzięczne zadanie dla wszystkich, miłujących młodzież, a mających dobro społeczeństwa na sercu, aby jaknajrychlej w każdej szkole średniej znalazło się miejsce na takie pouczenie, (według szkicu, czy zupełnego manuskryptu, zaaprobowanego przez grono), w zwykłym programie nauczania; aby młodzież usłyszała przestrożę z ust jak najpoważniejszych i od tych, którym szczególnie ufa i do których się garnie; aby wreszcie przestrożę tę kłaść

na fundamencie najwyższych obowiązków i najszlachetniejszych ideałów młodzieńczych.

Warunki dzisiejsze nie wszędzie pozwolą rzecz tę w tej formie rychło w czyn wprowadzić. To też na razie, tymczasowo, musimy uciec się do formy nie tak może dobrej, ale przy należytem wykonaniu przecież dopuszczalnej, to jest do osobnych, umyślnych wykładów, wygłaszanych przez lekarzy, nie należących do gron. Z pewnością i dziś jeszcze odezwą się tu i owdzie głosy — choć, tuszę, wyjątkowe — że ta forma pouczenia jest zła, albo conajmniej ryzykowna. Kto jednak spojrzy w przepaść, otwierającą się przed całym społeczeństwem, ten, choćby nazwał takie pouczenia „malum“, musi dodać — „necessarium“, ten bez dalszego wahania wyciągnie rękę, aby młodzieży przepaść wskazać i przed nią ją zatrzymać. Zasłaniać jej oczy — jest taką odpowiedzialnością, jakiej nikt nie może wziąć na swoje sumienie.

Rada szkolna krajowa poddała w roku zeszłym rzecz wszechstronnym obradom z udziałem przedstawicieli medycyny, członków Wydziałów lekarskich. Wynikiem tych obrad był znany zapewne wszystkim tutaj okólnik z 10. grudnia 1916 L. 264/pr., zawierający szereg bardzo słusznych i trafnych wskazań i zastrzeżeń co do umyślnych wykładów o chorobach płciowych. A więc takie pouczenia powinni wygłaszać tylko wytrawni prelegenci-lekarze, obznajomieni ze środkami i celami wychowania; plan pouczenia powinien być zaaprobowany przez grono, a dla każdego z uczniów potrzeba pozwolenia rodziców lub opiekunów. Zastrzeżenia te były konieczne zwłaszcza na początku, gdy rzecz nie była jeszcze wypróbowana; nie straciły one do dziś na znaczeniu. Doświadczenia, zebrane tymczasem w Krakowie, we Lwowie i w kilku miastach prowincjonalnych, pozwalają przystąpić śmielej i szerzej do działania w ramach, przez Radę szkolną zakreślonych.

W Krakowie przygotowaliśmy wykłady we wszystkich 9 zakładach, poprzedziwszy je zebraniem, na które zaprosiłem wszystkich kierowników zakładów, księży katechetów i upatrzonych prelegentów, a na którym przedstawiłem dokładny plan wykładu. Wykłady odbyły się w 8 zakładach, w każdym osobno, dla uczniów dwu końcowych klas, w ogólnej liczbie około 400; rodzice wszędzie udzielili pisemnego zezwolenia z wyjątkiem 4 czy 5

w jednym, a 2 w innym zakładzie. W jednym tylko zakładzie wykład musiał być odwołany, ponieważ żaden uczeń nie przyniósł zezwolenia. Na wykładach byli obecni bądź kierownicy zakładów, bądź ich zastępcy, bądź księża katecheci, gdzie indziej po kilku członków grona. Zewsząd otrzymaliśmy wyrazy zupełnego uznania, a nawet szczególne podziękowania; nigdzie nie podniesiono żadnego zarzutu ze stanowiska wychowawczego, lub szczególnie moralnego. Jeden z wykładów — dra H. Mojmira — wydaliśmy potem drukiem (nakładem Namiestnictwa); wykład ten zyskał też uznanie Rady szkolnej krajowej, która go w swym okólniku jako przykład zaleca. Wykłady odbyły się tylko w roku zeszłym; ponieważ teraźniejsi abiturycenci już wtedy go wysłuchali, przeto nie było potrzeby ponawiać pouczenia w r. b. — Natomiast ponowi się je w roku przyszłym, o ileby tymczasem pouczenie nie weszło w ramy jednego z przedmiotów szkolnych.

Lwowskie Powszechne Wykłady uniwersyteckie, kierowane przez prof. Cieszyńskiego, zebrały dane o tegorocznych wykładach we Lwowie, ilustrujące wynik wykładów pod wielu względami. Dla 11 zakładów urządzono wykładów 6, łącząc gdzie indziej uczniów z 2 zakładów. Uczniów w odpowiednim wieku było w tych zakładach 347, z tych zaś przybyło na wykład 314 czyli 90·4%; z nieobecnych przypada 19, t. j. 5·3% na takich, którym nie pozwolili rodzice, — reszta 14, t. j. 4% nie przyszła z powodu choroby. Wśród słuchaczy 10 (2·9%) miało rok życia szesnasty, 61 (17·5%) rok siedemnasty, reszta osiemnasty lub powyżej. Podobnie, jak w Krakowie, byli na wykładach obecni kierownicy zakładów lub członkowie grona. Na prośbę prof. Cieszyńskiego nadesłali kierownicy zakładów pisemnie swoje uwagi i spostrzeżenia. Wszystkie bez wyjątku stwierdzają, że wykłady „były zupełnie odpowiednie“, że „odpowiadały wszelkim wymaganiom pedagogicznym“, że „były nadzwyczaj celowe“. W trzech zakładach stwierdzono w rozmowie z dobrze znanymi uczniami, że wykłady odniosły skutek zamierzony, że je młodzież przyjęła jak najpoważniej i że sposób przedstawienia rzeczy podniósł jej nastrój moralny, a w niczem nie przyniósł szkody. We wszystkich tak krakowskich, jak lwowskich zakładach zauważono, że młodzież słuchała wykładów z wielkim skupieniem z największą powagą, bez przymieszki niezdrowej sensacji. I we



Lwowie, jak w Krakowie, z większości zakładów dołączono szczególnie gorące podziękowania tak organizatorom wykładów, jak i prelegentom. — Nie inaczej też brzmią relacje z kilku miast prowincjonalnych, gdzie takie wykłady niedawno się odbyły.

Sądzę, że te wyniki powinny rozprószyć ostatek wątpliwości, jakie może jeszcze gdzieś utrzymują się ze stanowiska wychowawczego. I dlatego nie waham się przedstawić następujących wniosków:

1. Dopóki nie może być przeprowadzone indywidualne pouczanie uczniów najwyższych klas szkół średnich o chorobach wenerycznych, ani też pouczenie takie wspólnie z pouczeniem o innych chorobach zakaźnych objęte ramami obowiązkowych przedmiotów, należy usilnie starać się o urządzenie osobnych pouczeń przez lekarzy.

2. Pouczenia takie należy zastosować ściśle do wskazówek, zawartych w okólniku krajowej Rady szkolnej z d. 10. grudnia 1916. L. 264/pr., a wystarczy je urządzać dla uczniów klasy VI, VII. i VIII. razem, co dwa lata.

3. W każdej bibliotece nauczycielskiej powinny się znajdować: Przykład odczytu dla młodzieży, napisany przez dra H. Mojmira, broszura „Zdrowie społeczne, a choroby weneryczne“<sup>1)</sup>, broszura prof. Łukasiewicza<sup>2)</sup>, oraz broszura dra Mikołajskiego p. t. „Listy do syna“<sup>3)</sup>.

4. Wszystkie Koła Towarzystwa nauczycieli szkół wyższych zajmą się zorganizowaniem w tym roku wykładów w tych zakładach, gdzie się jeszcze wykłady nie odbyły.

5. Broszurę dra Mikołajskiego należy rozszerzać między młodzieżą dorastającą, opuszczającą zakład.

6. Inne wydawnictwa popularne z tego zakresu mogłyby być rozszerzane tylko po zbadaniu i zaopiniowaniu przez komisję, złożoną z wychowawców i lekarzy<sup>4)</sup>.

---

<sup>1)</sup> i <sup>2)</sup> Obie przedrukowane w „Czasopiśmie pedagogicznym“.

<sup>3)</sup> Wykład dra Mojmira i broszurę „Zdrowie społeczne a choroby wen.“, można otrzymać bezpłatnie z Departamentu sanitarnego Namieśtnictwa, broszurę dra Mikołajskiego od Zarządu Powszechnych Wykładów uniwersyteckich lwowskich, Lwów, Zielona 5 a.

<sup>4)</sup> Komisja taka utworzona została w r. z. przez Radę szkolną krajową; z lekarzy należą do niej dr. Wł. Łukasiewicz, prof. uniwersyteckiego, dr. Szcz. Mikołajski, dr. A. Kuhn, krajowy inspektor sanitarny i autor niniejszego.

**BIURO SZKOLNICTWA POLSKIEGO** powstanie w ciągu sierpnia w Krakowie, jako wykonanie jednomyślnej uchwały Zjazdu członków Tow. naucz. szkół wyższych w dniu 27. maja br.

Zadaniem Biura będzie: wytwarzanie i utrzymywanie łączności zrzeszeń nauczycielskich i poszczególnych osób zwłaszcza pracujących naukowo na polu pedagogii, pośredniczenie w sprawach szkolnych i wychowawczych, ogniskowanie prac i utrzymywanie w ewidencji stanu i stosunków we wszystkich dziedzinach szkolnictwa i pedagogii, gromadzenie dokumentów do szkolnictwa i organizacji i informowanie ogółu nauczycielstwa o najważniejszych sprawach przez wydawanie biuletynu biura.

Kierownictwo Biura zwraca się do *wszystkich zrzeszeń nauczycielskich polskich* i do tych osób, którym sprawy wychowania narodowego leżą na sercu z prośbą, by zechciały celem nawiązania stosunków nadsyłać swoje adresy i wszystkie dane dotyczące zakresu i sposobu działalności jak najrychlej na ręce prowadzącego biuro prof. dra Karola Dawidowskiego w Krakowie (Basztowa 1).

Biuro prosi wszystkie dzienniki polskie o przedrukowanie powyższego zawiadomienia.

#### **Fundusz im. Ad. Mickiewicza.**

W czerwcu, złożyli: prof. Eug. Kosiński od Koła T. N. S. W. w Rzeszowie 7 K, prof. Tadeusz Kaniowski od grona nauczycieli szkoły realnej w Jarosławiu za 1. II.—30. VI. 1917 r. 12 K, prof. Ludwik Kita od grona gimn. w Dębicy 3 K, J. Cz. na pokrycie należności manipulacyjnej 1 K 52 h, i prowizji Pocz. Kasy Oszcz. 0-19 h. razem 1 K 71 h., prof. Zdzisław Palinowski od grona l. szkoły realnej we Lwowie 16 K 40 h., prof. Adolf Kamiński skarbnik od Koła T. N. S. W. w Nowym Targu 18 K 20 h., Koło Towarzystwa Nauczycieli Szkół Wyższych w Przemyśle 10 K 80 h., prof. Karol Nikiel od grona nauczycielskiego gimn. I. w Nowym Sączu 10 K 80 h., Grono nauczycielskie gimn. II. w Nowym Sączu 10 K, Koło Towarzystwa Nauczycieli Szkół Wyższych w Gródku Jagiellońskim 4 K 40 h., półroczny procent książeczki l. 126.292 G. K. O. 51 K 54 h., półroczny procent książeczki l. 159.020 G. K. O. 11 K 40 h., półroczny procent książeczki l. 29.278 G. K. O. 83 K 90 h., prof. Jan Bobka od grona gimn. II. w Tarnowie 20 K 80 h. — Odsetki za II. półrocze r. z. i za I. półrocze r. b. od kwoty, pożyczonej T. N. S. W. na kupno gruntu 2.110 K, razem 53.597 K 05 h.

Dnia 1. lipca przyznano najbardziej potrzebującym wdowom i sierotom po nauczycielach szkół wyższych a członkach Towarzystwa 26 stypendyów po 100 K razem 2.600 K, które odjawszy od powyższej kwoty, otrzymamy jako stan fundacyi z dniem dzisiejszym 50.997 K 05 h.

We Lwowie dnia 1. lipca 1917.

W imieniu Zarządu głównego

*Józef Czernecki*

ul. Augusta Bielowskiego 1. 1.

## KSIĄŻNICA POLSKA

Towarzystwa nauczycieli szkół wyższych  
Lwów, ulica Małeckiego 5. Kraków, ulica Franciszkańska 1.

poleca nowość:

A. BRÜCKNER

### WALKA O JEZYK

== Cena 7 Koron. ==

Dzieło to dzieli się na trzy części: dwie pierwsze z nich „Walka z cudzoziemszczyzną” i „Wady naszej pisowni” mają charakter przeważnie praktyczny, podają bowiem rady, dotyczące rugowania wyrazów obcych i zastępowanie ich odpowiednimi polskimi i rozstrząsają tak aktualną obecnie sprawę pisowni. Część trzecia natomiast, nosząca tytuł: „Wyrazy obce i ich znaczenie” będąca nowem do obecnego stanu nauki przystosowaniem wydaniem znakomitej książki „Cywilizacya i język” ohwiera przed czytelnikiem całe skarby „czystej” nauki i zaznaja ją w sposób mistrzowski z metodą i wynikami tej cudownej galezi wiedzy, jaką jest nowożytnie językoznawstwo, które z brzmienia banalnych na pozór słów odtwarza cechy kulturalne zamierzonych epok historycznych. Ta zwłaszcza część dzieła prof. Brücknera zasługuje ze wszech miar na jak największą popularność.

Członkowie T. N. S. W. otrzymują 20% opustu!

### Dział Komisowej sprzedaży rozpraw naukowych Członków „KSIĄŻNICY POLSKIEJ” T. N. S. W.

otrzymał w dalszym ciągu na skład:

- Lewicki Józef. Praktyczne nauczanie geografii w szkołach średnich. Suggestye dydaktyczne. Sambor 1912. Str. 30 . . . K. 1.—
- — Geografia za czasów Komisji edukacyjnej, pierwszego w Europie ministerium oświaty. Lwów-Warszawa 1912. Str. 49 . . . „ 1:50
- — Z tajemnic filomackich. (Biblioteka filomacka. Ser. I. Tom I.) Kraków-Warszawa 1917. Str. 48 . . . „ 1:20
- — Nowe szkoły w Anglii, Francji, Niemczech i Szwajcaryi, ich geneza i organizacya. Szkic z podróży z 13 ryc. i 6 tabl. Lwów-Warszawa 1908. Str. 77 . . . „ 2:50
- — Bibliografia druków odnoszących się do Komisji edukacji narodowej, pierwszego w Europie ministerium oświaty. Lwów-Warszawa 1908. Str. 176 . . . „ 3.—
- Machniewicz Stanisław. Wpływ Dantego na twórczość Słowackiego w latach 1836—1839. Studium porównawcze. Lwów 1913. Str. 23 . . . „ 1:50

Szczegółowe katalogi darmo i opłatnie.

Adres: Książnica polska T. N. S. W. Lwów Małeckiego 5. Kraków Franciszkańska 1.





M. Schreiber i E. Piasecki

## **HARCE MŁODZIEŻY POLSKIEJ**

Na podstawie dzieła Gen. Baden-Powella p t.  
Scouting for Boys. Wyd. 2. Lwów 1917. Nakła-  
dem Książnicy polskiej T. N. S. W. Cena K 2·80.

Do nabycia w każdej księgarni  
oraz w Książnicy polskiej T. N. S. W.  
we Lwowie, ul. Małeckiego 5. w Krakowie, ul. Franciszkańska 1.



**Książnica polska Tow. nauczycieli szkół wyższych.**  
Lwów, Małeckiego 5.      ——— Kraków, Franciszkańska 1.  
poleca:

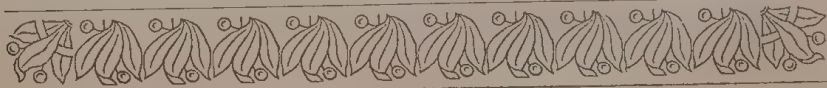
Prof. E. Romer:

## **WOJENNO-POLITYCZNA MAPA POLSKI**

————— Cena 1 K. —————

„Wojenno-polityczna mapa Polski winna stać się istotnie rozpowszechnioną w najszerszych kołach, jak tego pragnie Tow. nauczycieli szkół wyższych — pamiątką wielkodusznego manifestu z 5. listopada 1916 r. Zwłaszcza młodzież niech się w nią pilnie wczytuje, a przemówi ona do niej pełnym głosem, który obok wspomnień przestawnej przeszłości, wieścić będzie przyszłość promienną, wynurzającą się z oparów i dymów obecnej zawieruchy światowej”. (Gazeta lwowska z 29. XII., 1917).

Do nabycia w każdej księgarni.



Zaszczycony wybitnem uznaniem wys. c. k. Rady szkolnej krajowej.

Założony w roku 1893.

JEDYNY KRAJOWY WYTWÓRCZY  
ZAKŁAD ŚRODKÓW  
— NAUKOWYCH —  
F. M. ZŁOTNICKIEGO

LWÓW PASAŻ HAUSMANA L. 8.

**poleca z własnej pracowni**

preparaty zoologiczne:

Simia troglodytes med.	. . . . .	K 200.—
dtto : Kościec	. . . . .	„ 200.—
Argus giganteus	. . . . .	„ 150.—

Do szybkiego badania jakości powietrza według  
wskazówek WPana dyrektora Br. Duchowicza

przyrząd Dr. Wolperta kompl.	. . . . .	K 12.—
wahadło Maxwella	. . . . .	„ 20.—

etc.

prócz powyższych wszelkie środki naukowe z do-  
wolnych źródeł.

# Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

**Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 50

14. Dezember 1917.

Fünfter Jahrgang.

INHALT:

Marian v. Smoluchowski. Von Prof. Dr. A. Einstein, Berlin. S. 737.

Karl Olszewski — ein Gelehrtenleben. Von Prof. Dr. M. v. Smoluchowski, Krakau. S. 738.

Schweizerische Naturforschende Gesellschaft. Von Dr. Eduard Rudin, Basel. S. 740.

Besprechungen:

Freundlich, Erwin, Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie. Selbstverlag. S. 745.

Bavink, B., Einführung in die allgemeine Chemie. Von J. Koppel, Berlin-Pankow. S. 746.

Deutsche ornithologische Gesellschaft: Reflektorische Bewegungsweisen der Vögel im Lichte der Stammesverwandtschaft. S. 746.

Berichte gelehrter Gesellschaften:

Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, der Königl. Bayerischen Akademie der Wissenschaften. S. 740.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig

## Das menschliche Gehirn

nach seinem Aufbau und seinen wesentlichen Leistungen

gemeinverständlich dargestellt von Dr. phil. et med. R. A. Pfeifer

**Zweite, vermehrte Auflage**

Mit 83 Abbildungen im Text; VII und 103 S. Lex.-8°. Gebunden M. 4.20

Aus den Besprechungen:

„Diese monographische Darstellung des Gehirns ist eine ganz vorzügliche Leistung. Sie gibt ein anschauliches Bild von dem Zentralorgane, das der Sitz alles geistigen Geschehens ist, erklärt seinen komplizierten Bau, beleuchtet seine wechselnden Funktionen, wobei sie auch einen Blick tun läßt in die in den Werkstätten der Wissenschaft geübten Methoden der Forschung.“

Pädagog. Jahresbericht 1911.

## Die geopsychischen Erscheinungen

Wetter, Klima und Landschaft in ihrem Einfluss auf das Seelenleben

dargestellt von Willy Hellpach

Dr. phil. et med., a. o. Professor der Psychologie in Karlsruhe

**Zweite, vermehrte und durchgesehene Auflage**

Mit 2 Tafeln; XXI u. 489 S. gr.-8°. Geheftet M. 14. -; in Leinen gebunden M. 16

Aus den Besprechungen:

„...welch ein neuer, überaus reichhaltiger und mannigfaltiger Stoff in des Verfassers Buche verarbeitet, wieviel an Anregung und Belehrung, übrigens in der angenehmsten und fesselndsten Weise, daraus zu holen ist.“

Neurologisches Centralblatt.

Ausführliches Verzeichnis der in meinem Verlage erschienenen 195 Bändchen  
**Ostwalds Klassiker**  
**der exakten Wissenschaften**  
erhalten Interessenten auf Verlangen kostenlos zugesandt.

**Mein Jubiläumskatalog 1811–1911**  
mit 12 Tafeln, 10 Faksimilebeilagen und einem Stammbaum (II, 118 und 447 S. gr.-8°) nebst Jahresnachträgen 1912–1916 steht gegen Voreinsendung des Paketportos kostenlos zur Verfügung.



Verlag von **GUSTAV FISCHER** in JENA

Geeignetes Weihnachtsgeschenk für unsere Feldgrauen.

Soeben erschienen:

Vierte Auflage

# Die Physik im Kriege.

Vierte Auflage

Eine allgemein verständliche Darstellung  
der Grundlagen moderner Kriegstechnik

Von **Felix Auerbach.**

Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 126 Abbildungen im Text. — Preis: 4 Mark, geb. 5 Mark 20 Pf.

Inhalt: Vorwort — Inhaltsverzeichnis —  
Einleitung — Aufklärung und Handlung —  
Das Ohr im Kriege — Erhellung des Raumes  
— Scheinwerfer — Leuchtraketen — Leucht-  
turm — Vergrößerung — Fernrohr — Feld-  
stecher — Scherenfernrohr — Hypoplast —  
Mikroskop — Umleitung der Lichtstrahlen —

Periskop — Meßkunst — Entfernungsmesser  
— Richten und Zielen — Zielfernrohre —  
Tripelspiegel — Topographie und Photographie  
— Karten und Pläne — Photographien aus  
der Luft — Stereokomparator — Röntgen-  
strahlen — Augengläser — Zeichengebung —  
Akustische Signale — Optische Signale

..... Sendet das vortreffliche Buch ins Feld. (Prometheus.) ..... Man liest das Buch von Anfang  
bis zu Ende wie eine spannende Geschichte. (Frankfurter Zeitung.) ..... Jeder Gebildete wird mit  
hohem Genuß und mit Vorteil das Büchlein lesen. (Literar. Zentralblatt.)

Verlag von **Friedr. Vieweg & Sohn** in Braunschweig

Neu erschienen:

**Professor Dr. R. Demoll**

## Die Sinnesorgane der Arthropoden ihr Bau und ihre Funktion

VI, 243 S. gr. 8<sup>o</sup>. — Mit 118 Abbildungen. — Geheftet M. 10.—; gebunden M. 12.—

**Professor Dr. K. Escherich**

## Die Ameise Schilderung ihrer Lebensweise

Zweite verbesserte und vermehrte Auflage

XVI, 348 S. gr. 8<sup>o</sup>. — Mit 98 Abbildungen. — Geheftet M. 10.—; gebunden M. 12.—

**Hermann von Helmholtz:**

## Zwei Vorträge über Goethe

(Goethes naturwissenschaftliche Arbeiten)

(Goethes Vorahnungen kommender naturwissenschaftlicher Ideen)

Herausgegeben von **W. König**

Feldausgabe in Taschenformat. Steif broschiert M. —.80

# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Fünfter Jahrgang.

14. Dezember 1917.

Heft 50.

Marian v. Smoluchowski.

Von Albert Einstein, Berlin.

Am 5. September wurde uns einer der feinsinnigsten zeitgenössischen Theoretiker jäh durch den Tod entrissen — *M. v. Smoluchowski*. Eine Dysenterieepidemie raffte in Krakau den erst 45-jährigen dahin.

*Smoluchowski's* wissenschaftliches Ringen galt der Molekulartheorie der Wärme. Insbesondere war sein Interesse auf diejenigen Konsequenzen der Molekularkinetik gerichtet, welche vom Standpunkt der klassischen Thermodynamik aus nicht verstanden werden können; denn er fühlte, daß nur von dieser Seite her der starke Widerstand zu überwinden war, den die Zeitgenossen am Ende des 19. Jahrhunderts der Molekulartheorie entgegenstellten.

Derselbe skeptische Geist, welcher die Elektrodynamik mächtig förderte, indem er sie von unzweckmäßigen mechanischen Bildern reinigte, hemmte zugleich die Entwicklung der Wärmelehre. Nachdem es den Physikern bewußt geworden war, daß eine Theorie allen Anforderungen der Klarheit und Vollständigkeit genügen könne, ohne auf Mechanik gegründet zu sein, lehnten sie auf allen Gebieten der Physik mechanische Theorien überhaupt ab. So begreift man, daß *Boltzmann* im Jahre 1898 im Vorwort zum zweiten Teil seiner „Vorlesungen über Gastheorie“ bekümmert niederschrieb: „Es wäre meines Erachtens ein Schaden für die Wissenschaft, wenn die Gastheorie durch die augenblicklich herrschende, ihr feindselige Stimmung zeitweilig in Vergessenheit geriete, wie z. B. einst die Undulationstheorie durch die Autorität *Newtons*.“

Schon in dieser Vorrede ist auf die im gleichen Jahre erschienene theoretische Arbeit *Smoluchowski's* über den Temperatursprung zwischen Wand und Gas bei der Wärmeleitung in sehr verdünnten Gasen hingewiesen. Diese von *Kundt* und *Warburg* schon 23 Jahre früher entdeckte Erscheinung lieferte in der Tat ein starkes Argument für die Molekularkinetik; denn wie sollte ein mit der Verdünnung des Gases wachsender Temperatursprung zwischen Wand und Gas ohne Zuhilfenahme des der klassischen Wärmelehre fremden Begriffes der freien Weglänge befriedigend gedeutet werden?

Um die Überzeugung der Gegner zu wandeln, bedurfte es aber eines noch schlagenderen Beweises. Die Existenz jenes Temperatursprunges war ohne die Kinetik zwar kaum zu begreifen, aber die Realität einer Wärmebewegung konnte aus diesem Phänomen nicht direkt gefolgert wer-

den. Erst in den Jahren 1905—1906 gelangte die kinetische Wärmetheorie zu allgemeiner Anerkennung durch den Nachweis, daß die längst entdeckte Wimmelbewegung mikroskopisch kleiner, in Flüssigkeiten suspendierter Teilchen, die Brownsche Bewegung, durch diese Theorie quantitativ erklärt wird. *Smoluchowski* lieferte eine besonders schöne und anschauliche Theorie dieser Erscheinung, indem er von dem Äquipartitionsatz der Kinetik ausging. Dieser verlangt, daß ein Teilchen von 1  $\mu$  Durchmesser (und der Dichte des Wassers) sich in Flüssigkeit bei thermodynamischem Gleichgewicht mit einer mittleren Momentangeschwindigkeit von etwa 3 mm pro Sekunde bewegt; indem *Smoluchowski* quantitativ formuliert, daß diese Geschwindigkeit durch innere Reibung beständig vernichtet, durch unregelmäßige Molekularstöße immer wieder hergestellt wird, gelangt er zur Erklärung des Phänomens.

Durch die Erkenntnis vom Wesen der Brownschen Bewegung war plötzlich jeder Zweifel an der Richtigkeit der Boltzmannschen Auffassung der thermodynamischen Gesetze geschwunden. Es war klar, daß es ein thermodynamisches Gleichgewicht genau genommen überhaupt nicht gibt, daß vielmehr jedes dauernd sich selbst überlassene System um den Zustand des idealen thermodynamischen Gleichgewichtes in unregelmäßigem Wechsel pendelt. Da jedoch, wie die allgemeine Theorie zeigt, jene Schwankungen nur gering sind, so müssen sie sich unserer Beobachtung im allgemeinen entziehen. Es gelang aber *Smoluchowski* im Jahre 1908, eine zweite Gruppe von beobachtbaren Phänomenen zu finden, in welchen jene Schwankungen fast unmittelbar zur Wirkung kommen, nämlich bei der Opaleszenz von Gasen und von Flüssigkeiten in der Natur des kritischen Zustandes. Je kompressibler nämlich eine Substanz bzw. ein Mischungsbestandteil einer solchen ist, desto größer sind die örtlich-zeitlichen Schwankungen, welche die Dichte in unablässigem Wechsel infolge der Unregelmäßigkeit der Wärmebewegung erfahren muß; *Smoluchowski* erkannte, daß diese Schwankungen eine optische Trübung der Substanzen im Gefolge haben müssen, die sich auf Grund der allgemeinen Theorie berechnen läßt. Auch das schon von Lord *Rayleigh* erklärte Blau des Himmels gehört in diese Erscheinungsgruppe und beweist die Existenz räumlicher Dichteschwankungen in der Luft.

*Smoluchowski's* übriger wissenschaftlicher Arbeiten kann hier im einzelnen nicht gedacht werden. Es sei aber an die beiden vortreff-

lichen, in der Phys. Zeitschr. veröffentlichten Vortragszyklen erinnert, die er 1913 und 1916 — eingeladen von der kgl. Gesellschaft der Wissenschaften — in Göttingen gehalten hat; sie geben eine schöne Übersicht über die Lebensarbeit des uns leider so früh Entrissenen. Alle, die Smoluchowski persönlich genauer kannten, liebten in ihm nicht nur den geistreichen Forscher, sondern auch den edlen, feinsinnigen und wohlwollenden Menschen. Die Weltkatastrophe der letzten Jahre erweckte in ihm kein anderes Gefühl als namenlosen Schmerz über die Roheit der Menschen und die Schädigung unserer kulturellen Entwicklung. Zu früh hat das Schicksal sein segensreiches Wirken als Forscher und Lehrer abgeschnitten; wir aber wollen sein Vorbild und seine Werke hochhalten!

## X. Karl Olszewski, ein Gelehrtenleben.

(Von Prof. Dr. H. von Smoluchowski, Krakau.)

Inmitten des welterschütternden Kriegesgeschehens ist ein Ereignis fast unbemerkt vorübergegangen, welches zu anderen Zeiten wohl in der ganzen Kulturwelt einen lebhaften Widerhall geweckt hätte: der Tod K. Olszewskis.

Das stille Ende eines Gelehrtenlebens blieb unbeachtet von den Tagesblättern, schien es doch bedeutungslos im Vergleich mit den Heerkatzenopfern, welche den Werdegang der Geschichte unserer Tage ewigen Angedenken überliefern. Aber auch Olszewskis Name wird in der Geschichte weiterleben — allerdings nicht in der politischen, sondern in der Kulturgeschichte — und zwar als ein Markstein in der Entwicklung der Wissenschaft, als Zeugnis für polnische Gelehrtentätigkeit.

Die historische Tat Olszewskis, durch welche sein Name untrennbar mit jenem Wróblewski verknüpft ist, war bekanntlich die Verflüssigung der Luft. Mancher Fernerstehende wird sogar erstaunt sein, zu hören, daß einer der beiden Krakauer Gelehrten bis jetzt gelebt hat, von denen er seinerzeit, noch auf der Schulbank sitzend, gehört hatte. In der Tat sind es zwar nur 32 Jahre her, aber so groß ist der Weg, den der Fortschritt seitdem wieder zurückgelegt hat, daß uns jene Dinge heute wie das ABC der Wissenschaft erscheinen.

Seinerzeit war es aber eine ganz sensationelle Entdeckung, welche um so mehr Aufsehen erregte, da sie in einer abseits vom großen Tagesgetriebe liegenden Stadt und mit relativ primitiven Mitteln ausgeführt wurde, und welche sogar den Chauvinismus gewisser ausländischer Kreise soweit reizte, daß deren gänzlich unbegründete Prioritätsreklamationen einen lebhaften, in Flugschriften und Tagesblättern ausgetragenen Streit entfesselten. Die Verflüssigung der sogenannten „permanenten“ Gase war ja ein klassisches Problem geworden, um dessen Lösung sich die besten Fachmänner, Natterer in

Wien, Caillietet und Berthelot in Paris, Andrews in Glasgow, Pictet in Genf, vergeblich bemühten.

Am weitesten war noch Caillietet gelangt, welcher stark komprimierte Luft durch flüssiges Äthylens bis  $-105^{\circ}$  abkühlte und während des Entspannens derselben das Entstehen von Tröpfchen und ein lebhaftes Wallen der halb flüssigen, halb gasförmigen Masse bemerkte. War hierdurch wohl erwiesen, daß sich die Luft überhaupt verflüssigen lasse, so führte doch der von Caillietet eingeschlagene Weg nicht zur Beantwortung der Frage, auf welche Weise dies anzustellen sei, da die Kondensationserscheinungen beim Entspannen nur von momentaner Dauer waren. Erst wenn gelingen würde, die Luft als tropfbare Flüssigkeit dauernd zu erhalten, sie im „statischen Zustand“ zu verflüssigen — wie sich der berühmte Chemiker Berthelot ausdrückte —, wäre das Problem gelöst; und könnte man sodann die Eigenschaften der flüssigen Luft studieren und sie weiter als Kältemittel gebrauchen.

Dies gelang nun den beiden polnischen Forschern (1883) durch Anwendung eines kleinen, aber entscheidenden Kunstgriffs: durch Verdampfung des flüssigen Äthylens im Vakuum, wodurch eine noch um  $47^{\circ}$  tiefere Temperatur erzeugt wird als jene, von welcher Caillietet ausging. Hiermit war die sogen. kritische Temperatur der Luft erreicht; Sauerstoff und bald darauf auch Stickstoff und Kohlenoxyd wurden so zum ersten Mal als klare wasserähnliche Flüssigkeiten erhalten, und so war der große Schritt getan, welcher nun eine Ausdehnung der Forschungen über tiefe Temperaturen auf ein ganz neues, früher unzugängliches Gebiet ermöglichte.

Man hat später mitunter darüber debattiert, welchem der beiden Gelehrten dabei das größere Verdienst zukam; wohl eine müßige und nicht entscheidbare Frage. Wróblewski war vorher seit längerer Zeit mit Untersuchungen über verwandte Fragen aus der Physik der Gase beschäftigt gewesen, hatte in Paris die von Caillietet öffentlich demonstrierten Versuche gesehen und hatte sich auch die von letzterem benutzte Kompressionspumpe angeschafft und nach Krakau mitgebracht. Andererseits hatte sich Olszewski als Assistent des Chemieprofessors Ozyrniański mit der Verflüssigung von Kohlensäure und anderen Gasen mit Hilfe einer alten Nattererschen Kompressionspumpe vertraut gemacht, die von ihm neu hergerichtet worden war. Wie so oft in solchen Fällen, mag gerade das Zusammenkommen der zwei Männer verwandter Bestrebungen für die Wahl der gemeinschaftlichen Forschungsrichtung und für den schlagenden Erfolg bestimmend gewesen sein. Die Mitarbeiterschaft war übrigens nur von kurzer Dauer; es scheinen die zwei Charaktere zu verschieden gewesen zu sein.

Interessant ist überhaupt der Vergleich dieser beiden Persönlichkeiten. Wróblewski war ein Feuergeist, voll Unternehmungslust und kühner

Nazwiska nie kursywa, 1882 (jak zawsze) antykwiz spacerowania



Projekte, von energischem, vielleicht auch etwas herrischem Wesen. In seinem leider so kurzen, 41jährigen Leben, von dem noch fünf Jahre auszulöschen sind, die er wegen Teilnahme an dem polnischen Aufstand von 1863 in Rußland und Sibirien in der Verbannung verbringen mußte, hatte er es verstanden, sich aus dürftigen Verhältnissen emporzuarbeiten, auf seinen Studienreisen persönliche Beziehungen zu den bedeutendsten Gelehrten Deutschlands und Frankreichs anzuknüpfen, das physikalische Institut in Krakau einer gründlichen Reform zuzuführen und sich in ganz Europa durch seine Leistungen den Ruf eines ganz erstklassigen Physikers zu erringen.

Olszewski dagegen war ein vollkommener Repräsentant desjenigen Gelehrtentypus, welchen Ostwald den „Klassiker“ nennt: ein langsam, aber beharrlich und methodisch in einer gegebenen Richtung arbeitender Forscher, der nie etwas Unreifes publiziert, nie sich durch andere Probleme, mögen sie auch noch so interessant scheinen, von dem Wege abbringen läßt, welcher ihn dem einmal erwählten Ziele entgegenführt. Charakteristisch ist die Tatsache, daß seine sämtlichen wissenschaftlichen Arbeiten (39 an der Zahl, abgesehen von gelegentlichen Kleinigkeiten) sich auf die Verflüssigung der Gase beziehen. Dieses Gebiet beherrschte er als souveräner Fachmann, andere Gegenstände mochten ihn interessieren, aber sie verlockten ihn nicht.

Dabei verstand er seine Sache wie ein Soldat, welcher von der Pike auf gedient hat. Denn der Mangel an entsprechenden Hilfsarbeitern, geschickten Mechanikern und technischen Hilfsmitteln in Krakau nötigte ihn, selber Metall-drehen, Löten, Gasblasen u. dergl. zu lernen, und zwar alles das besser zu lernen, als es sonst irgend jemand in Krakau zu tun verstand. Seiner manuellen Geschicklichkeit und seiner experimentellen Intuition verdankte er auch größtenteils seine Erfolge. Die ausgezeichneten Luft- und Wasserstoffverflüssigungsapparate, welche bis heute in- und ausländische Anstalten von dem Krakauer Mechaniker Grodzicki beziehen, sind Kopien der von Olszewski eigenhändig gebauten Apparate. Wie viel Arbeit, wieviel Zeit ging jedoch auf die Überwindung solcher Schwierigkeiten verloren, welche nur durch die Dürftigkeit der Hilfsmittel und durch die lokalen Verhältnisse verursacht waren und von welchen man in ausländischen Forschungsstätten keinen Begriff hat. Wie weit mehr noch hätte dieser Forscher leisten können, wenn ihm reichere Mittel zu Gebote gestanden hätten.

Doch kehren wir zur Schilderung des weiteren Lebenslaufes der beiden Forscher zurück. Nach Auflösung der Mitarbeiterschaft verblieben sie einige Jahre hindurch in regem Wettbewerb, indem sie unabhängig voneinander ihre Arbeiten weiterführten, wobei es ihnen unter anderem gelang, auch den Wasserstoff, wenigstens im dyna-

mischen Zustand zu verflüssigen, bis plötzlich im Jahre 1888 die beklagenswerte Katastrophe erfolgte, welcher Wróblewski zum Opfer fiel, ein durch Umwerfen einer Petroleumlampe hervorgerufener Brand; ~~von nun an~~ von nun an verblieb Olszewski als alleiniger Repräsentant einer Glanzperiode, auf welchem nicht nur der Ruhm, sondern auch die Pflicht einer Weiterführung jener Arbeiten im bisherigen Sinne lastete.)

(Dieser Aufgabe ist er in vollem Maße gerecht geworden, indem auch diese zweite Periode seiner Tätigkeit eine Reihe höchst bedeutender Leistungen aufzuweisen hat, wie die Bestimmung der Inversionstemperatur für Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff, Bestimmung der kritischen Temperatur des Wasserstoffes, Verflüssigung des Argons u. a. An Popularität reichten dieselben allerdings an die — bereits erfolgte — Lösung des Hauptproblems nicht heran, doch ward ihre Bedeutung von Männern der Wissenschaft gebührend eingeschätzt.)

Nachdem Linde und Hampson im Jahre 1895 ein neues, sehr praktisches Prinzip der Luftverflüssigung eingeführt hatten, das auf der Abkühlung durch „innere Arbeitsleistung“ beruht, gelang es dem Engländer Dewar, auf diese Weise auch den Wasserstoff in statischem Zustand zu verflüssigen. Hierin kam er Olszewski zuvor, doch erwies letzterer seine Meisterschaft durch Vervollkommen der von Dewar geheim gehaltenen Methoden und durch deren praktische, für Laboratoriumszwecke angepaßte Ausbildung.

Es blieb schließlich auf diesem Gebiete noch ein ungelöstes Problem übrig: die Verflüssigung des im Jahre 1895 als Bestandteil gewisser radiumhaltiger Mineralien neu entdeckten Gases Helium. Olszewski konnte dieselbe trotz Anwendung aller Hilfsmittel, über die er verfügte, nicht erzwingen und er schloß, daß Helium eine so niedrige kritische Temperatur und so geringen kritischen Druck besitze, daß hier weder das früher bei Luft angewandte Verfahren, noch die Methode der Entspannung zum Ziele führen könne. Um aber die Versuche nach dem Linde-Hampsonschen Prinzip auszuführen, dazu reichten die Mittel seines Laboratoriums, insbesondere auch die Quantitäten Helium, die er besaß, nicht aus. So wurde denn diese Tat erst im Jahre 1908 in dem großartig angelegten Kältelaboratorium von Prof. Kamerlingh-Onnes in Leyden vollbracht, einer Anstalt, welche in den letzten Jahren die führende Rolle auf dem Gebiet der tiefen Temperaturen errungen hat.

Die Armlichkeit der Mittel und der Mangel an befähigten Hilfsarbeitern war überhaupt das größte Hindernis, welches die volle Entfaltung seiner Fähigkeiten hemmte; das zweite, welches in dem letzten Jahrzehnt seiner Arbeitskraft in wachsendem Maße Zügel auferlegte, war seine zunehmende Kränklichkeit. Glück, im populären Sinne des Wortes, war ihm überhaupt wohl wenig beschieden gewesen. Seine Kindheit war von

den Schatten des polnischen Bauernaufstandes vom Jahre 1846 umdüstert: die aufgeregten Bauern hatten das seinen Eltern gehörige Landgut Broniszów verwüstet, seinen Vater erschlagen und nur mit Mühe hatte, man das wenige Monate alte Kind vor ihnen verborgen, das sonst wohl dem gleichen Schicksal anheimgefallen wäre. So wuchs er als Waise bei Verwandten auf und so schritt er auch späterhin alleinstehend, einsam, freudlos durchs Leben. Seine einzige Liebhaberei, welche er auch später aufgab, war die Blumenzucht.

Da er im Gebäude des chemischen Instituts wohnte, daselbst Vorlesungen hielt und seinen Arbeitsraum hatte, kam es oft vor, daß er viele Monate hindurch nicht ausging, und man war in den letzten Jahren schon daran gewöhnt, daß Prüfungen und Fachsitzungen in seiner Wohnung stattfinden mußten. Viele hielten ihn wohl für einen Sonderling und eingebildeten Kranken, doch sollte sich leider zeigen, daß sein Leiden auf Wirklichkeit beruhte. Schon im November des verflossenen Jahres, als Krakau von dem Gebrüll der Festungsgeschütze erdröhnte, war sein Zustand recht bedenklich; im Winter besserte er sich wieder, aber verschlimmerte sich rapid in der zweiten Hälfte März. Eines Tages fand man ihn tot im Bette auf und daneben auf dem Tische lag ein Zettel mit eigenhändigen systematischen, genauen Aufzeichnungen über seinen Zustand und seine Krankheitssymptome.

So endete einer der hervorragendsten und angesehensten polnischen Gelehrten der Jetztzeit. Überblickt man seinen Lebenslauf, so staunt man vor allem über die zielbewußte Beharrlichkeit seines Strebens, welche sonst nicht gerade als Charakterzug des Polen angesehen wird. Und es war ein edles Streben; gewiß hat es selten einen Mann gegeben, der sein ganzes Leben so ausschließlich der Wissenschaft geopfert hat. Wieviel aber gerade hierdurch der stille Gelehrte für den ehrenvollen Namen Polens geleistet hat, muß auch eine Zeit anerkennen, welche sonst den Soldatenruhm vor allem anderen verherrlicht.

## Schweizerische Naturforschende Gesellschaft.

### 99. Jahresversammlung in Zürich.

9.—12. September 1917.

Von Dr. Eduard Rudin, Basel,

Assistent am Zool. Institut der Universität Genf.

Erste Hauptversammlung, Montag, den 10. September.

Die Versammlung wurde vom Präsidenten des Jahresvorstandes, Prof. Dr. C. Schröter (Zürich), eröffnet, indem er unter dem brausenden Beifall der sehr zahlreichen Versammlung unserem verehrten Geologieprofessor Albert Heim das Ehrenpräsidium übertrug. In seiner Eröffnungsrede gab er dann zunächst einen chronologischen Überblick über die bisherigen Tagungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, seit deren erster, die unter der

Leitung Paul Usteris stand, hundert Jahre verflossen sind. Altem Herkommen gemäß gab er dann unter dem Titel **Vierhundert Jahre Botanik in Zürich** eine Darlegung der Geschichte der botanischen Forschung in Zürich. Er unterscheidet zwei Perioden. Am Anfang der ersten, die mit dem Zeitalter der Reformation beginnt, steht *Conrad Gessner* (1516—1565). Vor ihm war die Zeit der Wirksamkeit eines *Paracelsus*, *Vadian*, *Seb. Münster* u. a. *Gessner* war Stadtarzt und förderte neben der Ausübung seines Berufes die allgemeine Entwicklung der wissenschaftlichen Botanik in Zürich. Er führte den Tierversuch ein, gründete einen botanischen Garten, wie überhaupt die Botanik seine Hauptleidenschaft war. Er widmete ihr denn auch sein Hauptwerk, die *Historia plantarum*, die erst im Jahre 1770, 200 Jahre nach seinem Tode, erschien. — Von der Mitte des 16. bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts folgt eine für die wissenschaftliche Botanik unfruchtbare Periode, die erst mit dem Aufkommen der mikroskopischen Forschungsmethode ihr Ende erreicht. *Johann Jakob Scheuchzer*<sup>1)</sup> ist der erste, der wieder botanisch arbeitet. *Scheuchzer* war Mediziner; er war der erste, der meteorologische Beobachtungen anstellte, der erste auch, der Torf ausgrub und ihn als Brennmaterial verwandte. Daneben beschäftigte er sich mit dem Föhn, den Gletschern, den Lawinen u. a. Sein Bruder, *Johannes Scheuchzer* (1684—1738), bearbeitete auf botanischem Gebiet namentlich die Gräser.

Mit *Johannes Gessner* wird die zweite Periode eingeleitet. Es ist das Zeitalter *Albrecht v. Hallers*, der *Bodmer* und *Breitinger*, *Salomon Gefner* usw. *Johannes Gessner* war einer der Gründer der Naturforschenden (damals Physikalischen) Gesellschaft Zürich (1746). Er gründete einen botanischen Garten und sammelte zwei große Herbarien; ferner organisierte er landwirtschaftliche Preisfragen und sogenannte Bauerngespräche. Auf ihn folgte Stadtrat *Johannes Hegetschweiler*, der eine Flora der Schweiz zusammenstellte und *Labrams* Abbildungen von Schweizerpflanzen herausgab. In erster Linie zu nennen sind aber dann zwei andere: *Oswald Heer* und *Karl Nägeli*. *Oswald Heer* (1800—1885) ist der Erforscher der Urweltflora. Er ist aber auch der erste, der sich mit der Flora der nivalen Region abgab. Auch in die Entomologie führte er neue Methoden ein. Er ist ein Förderer der Landwirtschaft und gründete das Botanische Museum der Eidgenössischen Technischen Hochschule. *Karl Nägeli* arbeitete durchweg grundlegend, namentlich auf dem Gebiete der Entwicklungsgeschichte. Es sei nur an seine Untersuchungen über Scheitelzelle und Vegetationskegel erinnert. Er erkannte das Dickenwachstum der Zellwände auf dem Wege der Intussuszeption. Auf dem Gebiet der Zellenlehre ist er der Begründer der Lehre vom osmotischen Druck. Seine Forschungen über *Hieracium* umfassen 4415 Nummern und um 16 000 Aufzeichnungen. Die Erkenntnis der Polarität stammt von ihm, und auf dem Gebiet der Vererbungslehre ist seine Theorie einer Vererbungssubstanz, eines Idioplasmas, grundlegend.

Im allgemeinen waren also die Forschungsgegenstände anfänglich namentlich systematischer, später, unter *Nägeli* und *Kramer*, auch anatomisch-physiologischer Natur. War ferner ursprünglich die Botanik eine Tochterwissenschaft der Medizin, so haben sich diese Beziehungen im Laufe der Jahre gelockert. Doch

<sup>1)</sup> Anm. d. Ref.: Weiteren Kreisen dürfte *Scheuchzer* bekannt sein durch den Anthr. *Scheuchzeri*, den *homo diluvii testis*.



scheint heutzutage wieder eine Reaktion zugunsten einer Annäherung der beiden Wissenschaften einzutreten, und zwar auf Grund der modernen Vererbungslehre und der Zytologie.

Den ersten Vortrag hält in französischer Sprache Prof. A. L. Perrier (Lausanne) über: *Les Orientations moléculaires en physique et en cristallographie*. Er bespricht die Hypothese der molekularen Orientierung, die für eine große Zahl von physikalischen Erscheinungen eine Erklärung gestattet und überhaupt von weittragender Bedeutung ist.

Nach ihm spricht Prof. F. Baltzer (Bern-Würzburg): *Über die Entwicklung und Vererbung bei Bastarden*. Der Vortragende geht aus von dem Vorgang der normalen Befruchtung, bei der ein Spermatozoon zu einer mit einem Kern versehenen Eizelle kommt. Dieses Samenkörperchen besteht aber fast nur aus einem Kern und nur wenig Protoplasma. An der Substanz des befruchteten Eies sind also Vater und Mutter in verschiedenem Maße beteiligt: die Mutter mit dem größten Teil des Plasmas und mit einem Kern, der Vater nur mit einem Kern und fast gar keinem Plasma. Unter normalen Umständen ist dies aber ohne Bedeutung, denn das Plasma spielt keine Rolle, und der Kern des Spermats ist dem des Eies gleichwertig. Vor der nun folgenden Teilung des Eies findet zuerst eine Teilung des Kerns statt, die unter den bekannten Begleiterscheinungen vor sich geht: Bildung der Chromosomen, Einstellen in die Äquatorialebene, Teilung der Chromosomen, Auseinanderweichen der Hälften usw.; hieraus sowie auch als Konsequenz aus den Mendelschen Regeln ergibt sich, daß wir die Chromosomen sowohl morphologisch als auch physiologisch als unter sich verschieden betrachten und ihnen eine Individualität zuerkennen müssen. Sie stellen für uns ein Mosaik von Vererbungspotenzen dar.

Anders verhalten sich nun die Dinge bei der Erzeugung der Artbastarde. Auch hier dringt das Spermatozoon in die Eizelle ein, sein Kern nimmt aber an dem ganzen Befruchtungs- und nachher an dem Teilungsmechanismus nicht teil, sondern er bleibt isoliert. — In anderen Fällen nehmen die väterlichen Chromosomen nur zum Teil am Befruchtungsprozeß teil. Bei einer bestimmten Seigelart wurden z. B. von den 20 väterlichen Chromosomen nur vier in die mütterliche Sphäre einbezogen, die anderen sechzehn aber eliminiert. Der Nachweis dieser Elimination von Chromosomen ist sehr wichtig, und es erhebt sich die Frage, wodurch sie verursacht wird. Baltzer hat den Beweis erbracht, daß die Ursache in Kern-Plasma-Beziehungen zu suchen ist. Er fragmentierte Seigeleier durch Schütteln derart, daß er kernlose Bruchstücke bekam, und in diese ließ er Spermatozoen eindringen. Auch in diesen Fällen wurden von den 20 Chromosomen 16 eliminiert, und nur 4 gingen eine Weiterentwicklung ein. Daraus ergibt sich mit Sicherheit, daß es das artfremde Plasma ist und nicht der Kern, welcher den anormalen Verlauf der Befruchtung hervorruft: der Kern des Spermatozoons befindet sich auf einem anormalen Boden. Man bezeichnet dieses anormale Verhältnis als eine Disharmonie und spricht von einer disharmonischen Entwicklung im Gegensatz zur harmonischen bei der normalen Befruchtung. In anderen Fällen verläuft der Prozeß normal: von einem gewissen Stadium an wird dann aber doch das väterliche Chromatin eliminiert.

Im allgemeinen kann man also sagen, daß bei Artbastarden Fälle mit disharmonischer Entwicklung vorkommen, bei denen die Disharmonie darin liegt, daß

sich der väterliche Kern in einem fremden Medium befindet. Diese Elimination des väterlichen Chromatins geht nun unter Erkrankungserscheinungen vor sich, und zwar im Verlaufe des Blastulastadiums. Eine große Zahl von Eiern geht jeweils daran zugrunde. Da nun die Elimination nicht erfolgt, solange die Entwicklung des Eies nur unter dem mütterlichen Einfluß steht, gelangte Boveri dazu, im Verlauf dieser Entwicklung zwei Perioden zu unterscheiden. Die erste, generative Periode reicht bis zum Blastulastadium und ist durch den alleinigen Einfluß der mütterlichen Potenzen gekennzeichnet. Die zweite, die spezifische oder eigentliche Blastulaperiode, steht unter dem Einfluß sowohl der väterlichen als auch der mütterlichen Einwirkungen. Da die Disharmonie mit dem Wirksamwerden der väterlichen Potenzen eintritt, muß sie auf das Ende der generativen und den Anfang der spezifischen Periode fallen. Die Bastardierung gestattet also in dieser Hinsicht eine Analyse des Entwicklungsmechanismus.

Wichtig sind nun die Vererbungserscheinungen bei diesen Bastarden. Ist der väterliche Kern eliminiert worden, wie beim Vorgang der disharmonischen Entwicklung, so hat die Larve natürlich mütterliche Eigenschaften. Denn parallel mit der Entfernung des väterlichen Kernmaterials geht ja auch die Entfernung der väterlichen Charaktere in der Larve. Die harmonische Entwicklung kann bei Artbastarden drei Wege einschlagen: entweder kombinieren sich die väterlichen und mütterlichen Eigenschaften, so daß ein Mittelding entsteht. In vielen Fällen treten aber auch die mütterlichen Charaktere rein auf. Bei einer dritten Gruppe von Fällen werden die Mendelschen Regeln befolgt, d. h. es gibt auch solche Artbastarde, bei denen ein Merkmal dominiert, und wo in der zweiten Generation eine Ausspaltung erfolgt. Es ist aber bemerkenswert, daß in den meisten dieser Fälle die dominierende Eigenschaft von der Mutter, also aus dem Ei stammt, so daß man demnach sagen kann, daß in der Eigenschaft die Mutter dominiert und nicht die Eigenschaft selbst.

Auch für das Ausbleiben der Mendelschen Spaltung, also für das Auftreten intermedär sich fortpflanzender Artbastarde, konnte die zytologische Ursache gefunden werden. Sie liegt im anormalen Verhalten bei der Bildung der Sexualzellen: da die väterlichen und mütterlichen Chromosomen von verschiedenen Arten stammen, zwischen ihnen also eine Disharmonie besteht, so findet vor der Teilung der Sexualzellen keine Konjugation der Chromosomen statt. Es teilen sich vielmehr die väterlichen und mütterlichen Chromosomen ohne vorherige Vereinigung, so daß auf alle Sexualzellen der volle Chromatinbestand übergeht und keine Verteilung der Qualitäten auf dieselben stattfindet.

Diese Erscheinungen stehen im Gegensatz zu dem Gang der Vererbung bei der Kreuzung von Varietäten. Bei diesen kann eben ein Mendeln stattfinden, denn die Disharmonie zwischen dem väterlichen und mütterlichen Material fällt dahin, so daß also eine Konjugation stattfinden kann, sofern sich die entsprechenden väterlichen und mütterlichen Chromosomen zusammenfinden. Diese beiden Extreme sind aber doch durch Übergänge miteinander verbunden, Artbastarde, bei denen neben intermedär sich vererbenden Eigenschaften auch solche auftreten, die einer Mendelschen Spaltung unterworfen sind. Die zytologische Untersuchung hat gezeigt, daß in solchen Fällen immer einige Chromosomen konjugieren, während die Mehrzahl diesem Vorgang nicht unterliegt. Hierin liegt zugleich eine Stütze mehr für die Annahme einer Lokalisation der Ver-





Die hydrologische Kommission ist in der Lage, über den Abschluß der Untersuchungen an ihrem ersten Studienobjekt, der Gruppe des Ritom-, Cadagno- und Tomsees im Val Piora (Gotthardgebiet) zu berichten. In der zweiten Hauptversammlung berichtet Prof. Hans Bachmann (Luzern) einleitend: Das Val Piora ist ein abgeschlossenes Ganzes. Es enthält neben zahlreichen kleineren die drei genannten Seen. Der Ritomsee ist nun dazu bestimmt, das Wasser für ein Kraftwerk der Gotthardbahn zu liefern, und wird deshalb in einer Tiefe von etwas weniger als 30 m angezapft. Infolgedessen treten Veränderungen ein, die eine Änderung der biologischen Verhältnisse nach sich ziehen, die noch verschärft wird durch den Umstand, daß der See im Sommer volle 8 m über sein bisheriges Niveau gestaut wird. Es ergab sich daher die Aufgabe, die durch diese Eingriffe erfolgenden Veränderungen in der Fauna und Flora zu verfolgen. Eine Eigenart dieses Sees, und auch noch anderer Alpenseen, bildet die Tatsache, daß sein Wasser von einer Tiefe von 13 m an stark schwefelwasserstoffhaltig ist. Infolgedessen ist man berechtigt, von zwei getrennten Seen zu reden, einem Ober- und einem Untersee, und dies um so mehr, als die Zirkulation des Wassers (Konvektion) streng auf den Obersee beschränkt ist. In den Kreis der Untersuchungen wurden auch die benachbarten Seen einbezogen.

In der Sitzung der hydrobiologischen Sektion sprach dann im einzelnen Prof. Dügeli (Zürich): Über bakteriologische Beobachtungen am Ritomsee-Wasser. 1916 waren sowohl die Zuflüsse als auch der Tom- und Cadagnosee infolge starker Niederschläge sehr keimreich. Im Tomsee fanden sich 5040, in der Muriaascia 3810 Keime pro Kubikzentimeter. Im Ritomsee fanden sich in den oberen Schichten pro Kubikzentimeter von mehreren Hundert bis zu 2000 Bakterien. Das Maximum fand sich 12,7 m unter der Oberfläche. Diese Zone ist reich an Organismen, die beim Übertritt in den schwefelwasserstoffhaltigen Teil des Sees nicht weiter sinken. Infolgedessen findet sich in diesem Abschnitt auch ein besonderer Reichtum an Spaltpilzen. Unter diesen sind solche des flachen Landes, aber auch neue Arten. Der Gehalt an Schwefelwasserstoff, angegeben in Milligramm pro Kubikzentimeter Wasser, war in den verschiedenen Tiefen folgender: 10 m: 0; 12,5 m: 0; 13 m: 6,1; 13,5 m: 19,4; 15 m: 22,5; 30 m: 30,5; 32,5 m: 30,1. Da dieser Schwefelwasserstoff für die Mehrzahl der Bakterien giftig ist, so bleiben alle Kulturen aus dem unteren Teil des Sees steril. Kontrollversuche mit Tiefen- und Oberflächenwasser hatten das Ergebnis, daß das Tiefenwasser auf Kulturen von *B. fluorescens* und *violaceum* schon nach 30 Minuten, auf solche von *B. punctatum* nach einer Stunde tödend wirkt. In den unteren Partien des oberen, schwefelwasserstofffreien, aber sauerstoffhaltigen Wassers finden sich rote Schwefelbakterien. Fand man 1916 von 15 m Tiefe an keine züchtbaren Spaltpilze mehr, so lagen 1917 die Verhältnisse anders. Im Frühjahr hatte man durch einen Stollen, dessen Mündung 26 m unter der Oberfläche lag, den See so weit abgelassen, daß sein Niveau 24 m tiefer sank. Dann hatte man den Stollen wieder geschlossen und den See sich wieder füllen lassen. Dabei traten aber Mischungen des Wassers ein, die zur Folge hatten, daß das Tiefenwasser nicht mehr so reich war an  $H_2S$ . Die Zahlen für 1917 sind die folgenden: 26 m: 0; 27 m: 4,78; 28 m: 7,58; 30 m: 8,46; 35 m: 10,3; 44 m: 10,29 mg  $H_2S/cm$ . Bakteriologisch fanden diese Veränderungen ihren Ausdruck darin, daß 1917

das Wasser von ca. 30 m Tiefe an zwar nicht steril, aber doch bakterienärmer war als weiter oben.

Der Eidgenössische Fischereinspektor Dr. G. Surbeck spricht: Über die Fische des Ritomsees. Es handelt sich namentlich um das Studium des Einflusses des Schwefelwasserstoffs auf das Fischleben in den drei Seen:

	m ü. M.	ha Fläche	m maximaler Tiefe
Ritomsee . . .	1881	90,4	47,7
Cadagnosee . .	1921	18	18
Tomsee . . . .	2000	13,5	12,5

der zweite mit Schwefelwasserstoff von 12,5 m an.

Das Einzugsgebiet umfaßt eine Fläche von 23,125 qkm. Es ist in fischereilicher Hinsicht ein in sich abgeschlossenes Ganzes, denn von unten ist keine Besiedelung mit Fischen möglich. Was sich an solchen findet, ist also eingesetzt worden. Im 18. Jahrhundert wurden Forellen eingesetzt, gegen Ende desselben waren sie aber verschwunden. 1854 wurde der Einsatz mit 30 bis 40 Fischen aus dem Tessin wiederholt. Heute finden sich in den Seen drei Fische: die Grobhe, *Cottus gobio*, die Forelle und daneben neuerdings der Saibling, *Salmo salvelinus*.

Die Grobhe wurde als Futter für die Forellen mit diesen eingesetzt. Sie ist in allen drei Seen zahlreich und ist zudem noch besonders groß. Es fanden sich bis zu 13,5 cm lange Stücke. Doch ist dies die Regel für hochgelegene Bergseen. Besonders massenhaft finden sie sich im Tomsee. Im August 1917 fand man sie — wenigstens temporär — auch pelagisch, und nicht nur im Schlamm. Im Frühjahr und Sommer treiben zahlreiche Leichen, jedenfalls eingefrorene Tiere.

Die Forelle kommt nur eingesetzt vor, und zwar nur im Ritom- und Cadagnosee. Die Tiere, mit denen die Neubesetzungen ausgeführt wurden, sind verschiedenster Provenienz: sie stammen hauptsächlich aus der Maggia und dem Tessin, aber auch etwa aus dem Ritomsee selbst. Im Tomsee konnten sie sich nur zwei Jahre lang halten und sind seitdem daraus verschwunden.

An den Forellen des Ritomsees läßt sich nun die Variabilität besonders schön beobachten: Die Tessinforellen ändern im See sowohl ihre Färbung als auch ihre Gestalt. Zwischen dem reinen *fario*-Typus mit den roten Tupfen und dem silbergänzenden *lacustris*-Typus finden sich alle Übergänge. Übrigens ist auch die entgegengesetzte Umwandlung, von *lacustris* in *fario*, bekannt, von einem Fall von Einsetzung von *lacustris*-Formen in Bäche in der Waadt, aus denen die *fario*-Form entstand. — Magenuntersuchungen ergaben, daß die Forellen Allesfresser sind. Neben Grobhe fanden sich Maden und Puppen von Insekten, ferner *Daphnia longispina*, Ostracoden und Hydracarien. Der Schaden, der durch die Absenkung am Forellenbestand verursacht wurde, ist sehr groß: in früheren Jahren wurden etwa 200 kg gefangen, dieses Jahr nicht einmal ganz 12 kg.

Der Saibling wurde vor 10—15 Jahren mit der Forelle eingesetzt, doch sind für ihn die Verhältnisse derart ungünstig, daß er sich nur noch in spärlichen Resten findet. Im Tomsee wurden am 19. Juni 1915 20 000 Stück eingesetzt. Im August 1917 fing man acht sehr große Stücke von 31,5 bis 21,5 cm Länge und einem mittleren Gewicht von 222 g. Das Maximum hatte ein Fisch mit 370 g, dann folgten solche mit 340, 265, 225 g usw. Da der See reich ist an



*Cottus gobio*, sollte er sehr günstig sein für den Saibling. — Magenuntersuchungen förderten aber nicht eine einzige Grobke zutage; dagegen fanden sich in allen Mägen Plankton-Crustaceen: in erster Linie *Daphnia longispina*, daneben aber auch *Diaptomus* und Cyclopiden.

Am 17. und 18. Juni 1917 war der Wasserstand des Sees noch etwa 5 bis 6 m zu tief. An einigen trockenen Stellen östlich des Hotels Piora fanden sich daher am Ufer tote Organismen des Litorals: *Limnaea ovata* und Trichopterenlarven. Sie hatten sich meist in Vertiefungen zurückgezogen. In derselben Zone fanden sich zugleich noch lebende Organismen, und zwar neben *Limnaea* auch Chironomuslarven. Es wurden nun sowohl mit feuchten als mit trockenen Schlammproben Bewässerungsversuche angestellt, und es zeigten sich nach 24 Stunden: in den feuchten Proben: lebende *Limnaea ovata*, rote und weiße Chironomiden, auch junge Ostracoden, dann Nematoden, Cyclopiden, Ciliaten, Flagellaten, Diatomeen, endlich Ehippiiden und Nauplien; in den trockenen Proben: Chironomiden, Trichopterenlarven, Cyclopiden, Nematoden, Flagellaten und Diatomeen.

*Zweite Hauptversammlung, Mittwoch, den 12. September 1917.*

Neben vier wissenschaftlichen Vorträgen war die Sitzung verschiedenen Gegenständen geschäftlicher Natur gewidmet. Namentlich kamen die Referenten einiger Kommissionen zu Wort, um über deren Tätigkeit Aufschluß zu geben.

Als erster Redner berichtete Prof. R. Chodat (Genf) in französischer Sprache über: **Un voyage botanique en Paraguay.** — Die Reise wurde im Jahre 1914 ausgeführt und hatte systematische Untersuchungen zum Ziel, ferner Forschungen über biologische Probleme. Fragen der Samenentleerung und -verbreitung durch Wasser, Wind und Tiere usw., der Bestäubungsvorrichtungen usw. Der Vortrag war durch eine große Zahl farbigter Lichtbilder illustriert.

Nach ihm spricht Prof. Eugen Bleuler (Zürich) über: **Die neuere psychologische Richtung in der Psychiatrie und ihre Bedeutung für andere Disziplinen.** — Es bestand schon früher eine psychologische Richtung, die dann aber wieder verlassen wurde. Erst von französischer Seite wurde ihr wieder Beachtung geschenkt und das Hauptergebnis der neuen Methode war zunächst die Unterscheidung zwischen den degenerativen Nervenkrankheiten, den Schizophrenien, und den funktionellen Geisteskrankheiten, den Neurosen. Es besteht z. B. ein prinzipieller Unterschied zwischen der organischen Erkrankung des Sehnervs, also Erblindung, und der Farbenblindheit. Er äußert sich darin, daß bei der ersteren zuerst die Empfindung für Rot verschwindet, während sie bei der letzteren am längsten bleibt. Es zeigte sich z. B. die Wichtigkeit der Hypnose und ihr bedeutungsvoller Zusammenhang mit Arznei und Heilung. Es eröffnete sich ferner das Verständnis für die Erschwerung der psychischen Funktionen durch Melancholie. Bleuler besprach in diesem Zusammenhang auch den Begriff der Ideenflucht. Eine Haupttätigkeit auf dem ferneren Entwicklungsweg wird durch den Namen *Freuds* gekennzeichnet. Bleuler betont, daß trotz aller Verkehrtheiten und Übertreibungen, die sich in den letzten Jahren an seine Lehre knüpften, ihre Grundlage doch richtig bleibt, nämlich, daß viele Krankheiten auf einem psychischen Bedürfnis beruhen. Man flüchtet — unbewußt — zur Krankheit, entweder, indem man, wie bei den Neurosen, krank wird, um den Kampf

mit dem Bedürfnis nicht ausfechten zu müssen, oder, indem man sich die Erfüllung des Bedürfnisses erträumt. Allerdings fällt nun hierbei dem Unbewußten eine große Rolle zu; die Mechanismen sind kompliziert, denn die affektiven Begriffe ersetzen die Gesetze der Logik. Es handelt sich um ein Verdrängen der unangenehmen Vorstellungen ins Unbewußte, trotzdem werden sie zur Krankheitsursache. Als feststehend ist anzusehen, daß bei den Neurosen die Erschöpfung nur eine geringe Rolle spielt, meist sogar gar keine, daß es sich vielmehr immer um unbefriedigte Triebe handelt. Es ist selbstverständlich, daß unter diesen die sexuellen Bedürfnisse die wichtigste Rolle spielen müssen. Wenn diese Triebe aber auch nicht immer verursachend wirken, so haben sie auf die Krankheit doch einen gestaltenden Einfluß. Der Vortragende besprach dann im Anschluß hieran die große Bedeutung des Affektes und der Affektivität, als des einzigen Bindemittels tierischer Gesellschaften. Daß die Logik dabei ihre Rolle ausgespielt hat, zeigen die Massenpsychosen des gegenwärtigen Krieges.

Weiterhin gestalten die neuen Erkenntnisse eine Erklärung der Berufskrankheiten: es sind ohne Ausnahme Zweckpsychosen. Zu diesen gehört die Bleikrankheit, die Unfallpsychosen, die Kriegspsychosen, u. a. Von den Unfallpsychosen namentlich kann gesagt werden, daß es unter ihnen keine gibt, die nicht einen materiellen Gewinn zu verschaffen den unbewußten Zweck hätte. Dies ist ein Punkt, der z. B. bei der Einführung der Kranken- und Unfallversicherung viel zu wenig berücksichtigt worden ist. In allen diesen Fällen treten die Krankheiten nur ein, wenn durch sie ein materieller Gewinn erzielt werden kann. Aber auch bei anscheinend rein körperlichen Leiden findet immer ein Eingreifen der Psyche statt, so z. B. bei der chronischen Verstopfung, beim Aussetzen der Menstruation usw.

Es zeigt sich aber weiterhin, daß diese neue Psychologie nicht nur für den Psychiater von Bedeutung ist, sondern daß sie beginnt, auf alle möglichen, anscheinend zum Teil recht fernliegenden Gebiete der menschlichen Tätigkeit einen Einfluß auszuüben. Es sei nur an die psychologische Vertiefung erinnert, die sich seit einigen Jahren in der modernen Belletristik bemerkbar macht. In der Zoologie hat in den letzten Jahren die Tierpsychologie eine große Bedeutung erlangt. Die Theologie bedarf zur Vertiefung notwendig der Psychologie. Der Jurist muß die Psychologie des Verbrechers studieren, aber auch unser neues Schweizerisches Zivilgesetzbuch ist auf einer psychologischen Basis aufgebaut. Der Mediziner muß Psychologe werden, denn der Quacksalber ist der geborene Psychologe. Zum Verständnis von Kunst und Musik ist die Psychologie unentbehrlich. Auch in die Politik spielt sie hinein. Die soziale, die sexuelle und die Frauenfrage sind in viel höherem Maße psychologische als volkswirtschaftliche Probleme. Und was die Psychologie endlich im Krieg für eine Rolle spielt, das sehen wir jetzt täglich.

In französischem Idiom spricht Prof. E. Argand (Neuchâtel) über: **Les phases du plissement alpin.** — Der Vortragende stellte, gestützt auf seine vielen Forschungen in den Westalpen, die Theorie auf, daß die Faltung des Alpensystems nicht in zwei, durch eine Zeit der Ruhe getrennten, Perioden erfolgte, einer karbonischen und einer tertiären, sondern daß es sich um einen seit dem Karbon durch das ganze Mesozoikum hindurch kontinuierlich andauernden Vorgang handelt.



Den letzten Vortrag hielt Dr. sc. nat. h. c. *Friedrich Schmid* (Oberhelfenswil) über: **Das Zodiakallicht**, ein Glied der meteorologischen Optik. — In den Tropen ist das Zodiakallicht bei gutem Wetter das ganze Jahr sichtbar. Bei uns beginnt es Ende September aufzutreten, erreicht im Januar sein Maximum, um Ende Mai wieder zu verschwinden. Die einleitenden Erscheinungen treten aber schon Anfang Juli wieder auf, so daß also nur der Juni ganz frei von ihm ist. In allen Monaten ist es sonst sichtbar, und in jeder klaren Oktober- und Novembarnacht das Ost- und das Westlicht. Das Zodiakallicht ist eine absolut konstant auftretende Erscheinung. Es sieht verschwommen, milchig aus. Spät am Abend wird seine Farbe weiß bis gelblich. Je weiter der Standpunkt des Beobachters nach Norden verlegt ist, um so mehr ist der Lichtkegel nach Süden geneigt. Das Maximum der Intensität liegt etwa im ersten Drittel von Süden. Die Basisbreite des Kegels beträgt bis zu 80 und 100°. Die Spitze reicht bis über die Hälfte des sichtbaren Tierkreises. Es ist eine durch ihre Ausdehnung imponierende Erscheinung. Auch bei uns wird etwa als schwacher Schimmer im Osten der Gegenseite sichtbar. Die Milchstraße zieht sich schwach leuchtend vom Zodiakallicht bis zu seinem Gegensein.

Die Natur des Zodiakallichtes ist unsicher. Es gibt zwei Hauptgruppen von Erklärungen; die einen suchen seine Ursache in kosmischen Verhältnissen, die andern in tellurischen Umständen. Beiden Gruppen ist gemeinsam, daß sie reflektiertes Sonnenlicht voraussetzen. So wird gelegentlich als Ursache eine Wolke kosmischen Staubes angesehen, die ringförmig um die Sonne liegt, und von der die einen sich vorstellen, daß sie innerhalb, die andern, daß sie außerhalb der Erdbahn liegt. *Birkeland* hat sich gegen diese Staubbypothese gewandt. Wieder andere nehmen eine Ausstrahlung elektrisch geladener Atome aus dem Sonnenäquator an.

Nach dem Vortragenden handelt es sich um ein optisch-tellurisches Phänomen. Er betrachtet es als eine Reflexerscheinung des Sonnenlichtes in den äußersten Partien unserer Atmosphäre. Allerdings liegt ihr Sitz nicht in der Äquatorialebene, sondern in der Ebene der Ekliptik. Dies erklärt sich daraus, daß die Rotationsverhältnisse in den oberen Teilen der Atmosphäre jedenfalls andere sind als in den unteren. Denn der Äquator der Atmosphäre dürfte unter dem Einfluß der nächsten Himmelskörper gegen die Ekliptik hin verschoben sein. Auch ein Einwirken der Verteilung der Erdteile und Meere macht sich möglicherweise dabei geltend. Der Vortragende erläuterte an Hand zahlreicher Projektionen mit komplizierten Konstruktionen seine Darlegungen, die auf jahrzehntelange Beobachtungen gestützt sind, und für deren Ergebnisse ihm im Jahre 1914 der doppelte Preis der Schläfli-Stiftung sowie in dieser Versammlung von der Eidgenössischen Technischen Hochschule die Würde eines Dr. sc. nat. hon. caus. verliehen wurden.

## Besprechungen.

**Freundlich, Erwin, Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie.** Zweite Auflage. Berlin, Julius Springer, 1917. 74 S. Preis M. 3,60.

Die Schrift über die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie, welche im vorigen Jahre — zuerst (aber ohne die Anmerkungen) in den „Naturwissenschaften“ — erschienen, sollte zeigen, wie die Grundlagen der Mechanik mit den Grundlagen der

Geometrie auf das engste zusammenhängen, sodann, wie ein allgemeines Prinzip der Relativität aller Bewegungen zu neuen Grundgesetzen für eine Mechanik der Relativbewegungen der Körper gegeneinander und zu einer Gravitationstheorie hinführt. Dabei war ich auf die spezielle Relativitätstheorie, die sich auf gleichförmig geradlinig gegeneinander bewegte Systeme beschränkt, nicht weiter eingegangen, da über diese bereits eine große Literatur existiert.

Die jetzt notwendig gewordene zweite Auflage der Schrift habe ich nicht nur übersichtlicher und leichter lesbar zu gestalten versucht, sondern ich habe sie auch durch ein Kapitel über die spezielle Relativitätstheorie eingeleitet. Man findet nämlich immer wieder, auch von Fachgenossen, die merkwürdige Ansicht vertreten, die spezielle Relativitätstheorie habe aufgegeben werden müssen und die allgemeine stelle den Versuch dar, eine andere Theorie an ihrer Stelle zu schaffen, der möglicherweise keine längere Lebensdauer beschieden sein werde. Das ist jedoch eine völlige Verkenntnis der Sachlage. Deswegen habe ich in der neuen Auflage ein Kapitel über die spezielle Relativitätstheorie als Vorstufe zur allgemeinen vorausgeschickt, um zu zeigen, wie die allgemeine Relativitätstheorie mit der speziellen organisch verwachsen ist. Sie mußte unbedingt kommen, falls unsere Bemühungen, die Mechanik zu einer Theorie der Relativbewegungen der Körper gegeneinander zu gestalten, was schon *Newton* als äußerstes Ziel vorschwebte, zu einem Abschluß gelangen sollten.

Die spezielle Relativitätstheorie war aus der Elektrodynamik bewegter Körper herausgewachsen und hatte nur von neuem die Schwächen der klassischen Mechanik aufgedeckt, ohne sie aber zu beseitigen. Da sie sich auf gleichförmig geradlinig gegeneinander bewegte Systeme beschränkt, konnte sie auch nicht unmittelbar zu einer Mechanik der Relativbewegungen der Körper führen. Denn infolge der Gravitation bewegen sich ja alle Körper, wie die Beobachtungen lehren, beschleunigt gegeneinander. In einer Mechanik der Relativbewegungen können also Vorgänge, die dem speziellen Relativitätsprinzip unterliegen, nur solche sein, die alle Gravitationseinflüsse außer acht lassen. Streng genommen ist das in der Natur nie möglich. Infolgedessen konnte auch die spezielle Relativitätstheorie nur als idealisierter Spezialfall einer weiter gefaßten Theorie gelten, die auch die Relativität beschleunigter Bewegungen berücksichtigt, — falls überhaupt ein so allgemeines Relativitätsprinzip in der Natur Gültigkeit besitzt.

Nun, die Leistung der Einsteinschen Theorie ist es ja, zu zeigen, daß eine so allgemeine Relativitätstheorie in der Tat möglich ist, alle prinzipiellen Schwierigkeiten der klassischen Mechanik vermeidet und zugleich zu einer Gravitationstheorie führt. Von diesem Standpunkt aus betrachtet, erhalten die Ergebnisse und Forderungen der speziellen Relativitätstheorie einen veränderten Gültigkeitsbereich. Daher bedeutet die Zufügung eines Kapitels über die spezielle Relativitätstheorie als Vorstufe zur allgemeinen keineswegs die Wiederholung oft besprochener Fragen.

Die anderen Kapitel sind, abgesehen von Sprachverbesserungen und weiteren Anmerkungen, nicht wesentlich verändert worden. Nur das Kapitel, welches die Darstellung der Einsteinschen Theorie selbst enthält, ist ganz umgearbeitet worden. Ich habe in der neuen Fassung den Gang des eigentlichen Referates nicht durch Abschweifungen über prinzipielle Fragen unterbrochen. Dafür habe ich als Abschluß des Ka-

pitels einen Rückblick gegeben auf den Standpunkt der neuen Theorie gegenüber den verschiedenen prinzipiellen Fragen, welche sich in den vorangehenden Kapiteln erhoben hatten. Eine Anmerkung zu diesem Kapitel enthält die Grundgleichungen der neuen Theorie explizite hingeschrieben und skizziert den Übergang zu den Newtonschen Gleichungen der klassischen Mechanik.

*Selbstanzeige.*

**Bavink, B., Einführung in die allgemeine Chemie.** (Aus Natur und Geisteswelt Nr. 582.) Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1917. 108 S. und 24 Fig. Preis geh. M. 1,—, geb. M. 1,25.

Für die Aufgabe, die Lehren der allgemeinen und physikalischen Chemie auf etwa 100 kurzen Seiten darzustellen, hat *B. Bavink* hier eine recht gefällige Lösung gefunden. — Der erste Hauptabschnitt, „Die Umwandlungen der Stoffe“, umfaßt die Kapitel: Die chemischen Verbindungsgesetze und die Atomtheorie. — Die Systematik der Elemente. — Die kinetische Wärmetheorie und die Aggregatzustände. — Chemische Dynamik. Im zweiten Hauptabschnitt: „Umwandlungen der Energie“, werden besprochen: Energie- und Entropiegesetz, — Thermochemie, — Elektrochemie, — Photochemie. Den Beschluß macht ein Abschnitt über den Bau der Atome, der hauptsächlich den Erscheinungen der Radioaktivität gewidmet ist. — Trotz der gebotenen Kürze bemüht sich der mit den neuesten Fortschritten der Wissenschaft wohl vertraute Verfasser doch auch eifrig und erfolgreich um die Definition der grundlegenden physikalischen Begriffe und scheut sich nicht, recht verwickelte Dinge, wie etwa die Luediagramme oder Atommodelle wenigstens andeutungsweise vorzutragen. Ohne Zweifel sind gerade diese neuesten Forschungen über die Konstitution der Materie in hohem Maße geeignet, das Interesse jedes Lesers zu fesseln und eindringlich daran zu erinnern, daß die allgemeine Chemie im weitesten Sinne nicht hinter der volkstümlicheren experimentellen Chemie zurückgeblieben ist. Und damit dürfte das Ziel dieser Schrift erreicht sein.

*J. Koppel, Berlin-Pankow.*

## Deutsche ornithologische Gesellschaft

In der Sitzung am 8. Oktober d. J. sprach Dr. *Heinroth* über *reflektorische Bewegungsweisen der Vögel im Lichte der Stammesverwandtschaft* und führte folgendes aus: Das Kratzen des Kopfes erfolgt entweder in der Weise, daß der Vogel das Bein vorn an der Brust vorbei zum Kopf führt, oder indem er es hinter dem Flügel hindurchsteckt und sich so über den Rücken hinweg kratzt. Diese Bewegungen sind durchaus zwangsmäßig und reflektorische und werden bereits von den Nestjungen ausgeführt. Es kratzen sich vornherum die Hühner, Tauben, Rallen, Steiße, Möven, Schnepfen, Kraniche, Reiher, Störche, Enten, Raubvögel, die größeren Papageien, Kuckucke, Spechte, dagegen hinter dem Flügel herum: Regenpfeifer, Kiebitze, Bienenfresser, Eißvögel, die kleineren Papageien, Wiedehopf, Segler und alle Singvögel.

Das Baden im Wasser ist zwar sehr verbreitet, wird aber nicht von allen Vogelarten ausgeführt, so baden Hühner, Lerchen und Wiedehopf niemals im Wasser, sondern nur im Sande. Schwalben, Pirol, wohl auch Blaurake und Bienenfresser baden im Fluge durch Eintauchen ins Wasser. Sandbäder nehmen außer Hühnern und Lerchen auch Raubvögel, Eulen, Blauraken, Zaunkönige, Sperlinge und viele andere. Es gibt also eine ganze Reihe von Vögeln, die sowohl im Wasser wie im Sande baden. Es führen die Beute mit dem Fuß zum Schnabel: Raubvögel, Eulen, viele Papageien, Sultanshühner, Würger und Bartmeisen. Die beiden letzteren Vogelarten haben die Gewohnheit, die Nahrung in die Zehen zu nehmen und dann den Lauf auf die Sitzunterlage aufzustützen. Raben, einige Finken, Zaunkönig, Stieglitz, Kreuzschnabel und die Gattung *Parus* stellen sich auf die Beute. Regenpfeifer und Kiebitz führen mit dem Fuß zitternde Bewegungen über dem Erdboden aus, was offenbar den Zweck hat, Insektenlarven in Bewegung zu bringen, damit sie dem Umschau haltenden Vogel besser auffallen.

Die männlichen Paradiesvögel legen die langen Schmuckfedern, die beim Umdrehen auf der anderen Seite des Astes geblieben sind, mit dem Schnabel zurecht. So einfach und selbstverständlich eine solche Handlungsweise erscheint, so wird sie doch von keinem anderen Vogel ausgeführt. Geraten z. B. einem Pfau oder langschwänzigen Papagei beim Umdrehen auf der Sitzstange die langen Federn auf irgend eine Weise in die Klemme, so kommt der Vogel nie auf den doch sehr naheliegenden Gedanken, sie mit dem Schnabel zurecht zu legen. Man sieht also, wie sehr das Tier unter dem Banne der angeborenen reflektorischen Handlungsweise steht.

Der Vogel schließt das Auge dadurch, daß er das untere Augenlid nach oben heraufzieht. Eine Ausnahme machen die Eulen und der Zaunkönig, die das obere Augenlid nach unten ziehen.

Bei Empfindung starker Hitze sperren die Vögel den Schnabel auf, wobei Eulen und Scharben den Kehlsack rasch bewegen, so daß also eine Art Hecheln stattfindet.

Zu diesen Ausführungen bemerkte Major *v. Lucanus*, daß alle Papageien, die sich vorn an der Brust vorbei den Kopf kratzen, auch den Fuß zum Festhalten der Nahrung benutzen, was dagegen die Arten, welche die Kratzbewegung hinter dem Flügel herum ausführen, niemals tun. Der amerikanische Sperlingsfalk stützt nach Würgerart beim Fressen den Lauf auf und hat auch sonst, besonders durch die wippenden, schmähtzerartigen Schwanzbewegungen, viel Singvogelartiges in seinem Wesen.

Geheimrat Dr. *Reichenow* beobachtete, daß Stare nicht nur im Wasser, sondern auch im Schnee baden.

Major *v. Lucanus* legte einen flavistisch gefärbten *Turdus iliacus* vor von fast rein semmelgelber Farbe, und machte die Mitteilung, daß *Haliaeetus albicilla* und *Urinator arcticus* in der Neumark brüten.

*F. v. Lucanus.*

## Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien.

12. Juli. Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse.

Das k. M. Prof. *J. Herzog* übersendet eine Arbeit aus dem Chemischen Laboratorium der k. k. Deutschen

Universität Prag von Prof. Dr. *Hans Meyer* und Dr. *Alice Hofmann*: „Über Pyrokondensationen in der aromatischen Reihe. (3. Mitteilung.)“ Es werden die bei der Überhitzung von Ortho- und Paratoluidin, Benzotritil, Phthalimid, Chlor- und Tetrachlorphthalimid, Benzoesäure, Benzoesäuremethylester, Paratolylsäure-



äthyläster, Phenol und Anisol auftretenden Reaktionen besprochen.

Prof. Dr. K. Brunner übersendet eine im Chemischen Institut der k. k. Universität in Innsbruck von G. Wahl ausgeführte Arbeit mit dem Titel: „Bz-Oxy-Indolinon“. Dem Verfasser ist es gelungen, ausgehend vom Ortho- und Para-Hydrazinanisol Indolinone zu gewinnen, die durch Kochen mit Jodwasserstoffsäure unter Abspaltung der Methylgruppe B-3- bzw. B-1-Pr-3,3-Dimethylindolinon lieferten.

1. „Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 102. Die Absorption der  $\gamma$ -Strahlen von Radium (III. Teil)“, von K. W. F. Kohlrusch. Es werden die Absorptionskoeffizienten  $\mu_0$  und  $\mu_0$  der beiden von Ra-C stammenden  $\gamma$ -Strahlungen in 30 chemischen Elementen bestimmt. Für die härtere Strahlung ergibt sich die Absorption pro Masseneinheit  $\left(\frac{\mu_0}{\rho}\right)$  als nahezu unabhängig vom Atomgewicht. Für die weichere Strahlung ergibt sich ein deutlicher Einfluß der Atomstruktur auf die Massenabsorption, in dem diese von  $\frac{\mu_0}{\rho} = 0,08$  bei Kohle bis  $\frac{\mu_0}{\rho}$  bei Wismut ansteigt. Die Kurve enthält unstetige Stellen. Die untersuchten Flüssigkeiten zeigen entsprechend dem additiven Charakter der Absorption je nach den beteiligten Atomen Werte von 0,054 bis 0,041 für  $\frac{\mu_0}{\rho}$ .

2. „Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 103. Bestimmung der Halbwertszeit von Thorium- und Actiniumemanation“, von Dr. Rudolf Schmid. Um zu ermitteln, ob Thorium- oder Actiniumemanation von Glas absorbiert wird oder nicht und somit die Messung der Halbwertszeiten beeinträchtigt werden, wurde auf drei verschiedene Methoden die Halbwertszeit von Thorium- und Actiniumemanation bestimmt und für Thoriumemanation die Halbwertszeit zu  $T = 54,5 \pm 0,02$  sec, für Actiniumemanation zu  $T = 3,92 \pm 0,015$  sec gefunden.

Das w. M. Prof. H. Molisch überreicht eine von Friedrich Pichler im Pflanzenphysiologischen Institut der Wiener Universität ausgeführte Arbeit, betitelt: „Das Aeroplankton von Wien“. Verfasser untersuchte die in der atmosphärischen Luft von Wien vorhandenen Keime von Mikroorganismen ausschließlich der Bakterien und die anderen organisierten Teilchen. Die von ihm gefundenen Resultate lassen interessante Schlüsse auf gewisse Krankheitserscheinungen (Heufieber, Platanenhusten) und auf andere biologische Phänomene zu.

Prof. Molisch legt ferner eine von Karl Höfler im Pflanzenphysiologischen Institut der Wiener Universität ausgeführte Arbeit vor, betitelt: „Eine plasmolytisch-volumetrische Methode zur Bestimmung des osmotischen Wertes von Pflanzenzellen“. Als „Grad der Plasmolyse“ wird das Volumverhältnis zwischen dem plasmolysierten Extoplasten und dem Innenvolum der (durch die Plasmolyse entspannten) Zelle bezeichnet. Das Grundprinzip der Methode ist folgendes: Ist in einer Zelle nach Eintritt osmotischen Gleichgewichts der Grad der Plasmolyse  $= G$  (z. B.  $= \frac{3}{4}$ ) und ist die Konzentration der plasmolisierenden Außenlösung  $= C$  (z. B.  $= 0,60$  G M Rohrzucker), so war — bei voller Semipermeabilität des Plasmas für Lösung und Zellsaftstoffe — der osmotische Wert der entspannten Zelle vor der Plasmolyse  $O = C \times G$  (z. B.  $0,60 \times \frac{3}{4} = 0,45$  G M Rohrz.).

Das w. M. E. Wegscheider überreicht eine im I. Chemischen Laboratorium der k. k. Universität Wien ausgeführte Arbeit von J. Pollak und A. Baar: „Über die Verseifung von Dimethyl- und Diäthylsulfat durch Natriummethylat, beziehungsweise „äthylat“. Dimethylsulfat wird durch Natriummethylat oder Natriumäthylat viel rascher verseift als wie Diäthylsulfat. Der Unterschied ist von anderer Größenordnung als bei der Reaktion der beiden Dialkylsulfate mit Methylalkohol

oder Äthylalkohol. Natriumäthylat verseift beide Dialkylsulfate rascher als Natriummethylat.

Das w. M. Hofrat K. Grobden legt folgende vorläufige Mitteilung vor: „Wissenschaftliche Ergebnisse, die mit Unterstützung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien aus der Erbschaft Treittl von F. Werner unternommenen zoologischen Expedition nach dem anglo-ägyptischen Sudan (Kordofan) 1914. Cestoden aus Säugetieren und aus Agama colonorum, von Lene Kofend“.

Im Frühling dieses Jahres wurden von Prof. R. Pöck und Assist. J. Wenginger neuerdings drei k. k. Kriegsgefangenenlager zur Fortführung der anthropologischen Arbeiten besucht, und diesmal außer russischen Völkern auch Serben, Montenegriner, Italiener und Rumänen fotografiert und untersucht. Die Messungen an Russen sind nun zu einem relativen Abschlusse gelangt.

#### 11. Oktober. Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse.

Das k. M. Hofrat E. Heinricher übersendet zwei Abhandlungen:

1. „Warum die Samen anderer Pflanzen auf Mistelschleim nicht oder nur schlecht keimen“. J. v. Wiesner hatte Hemmungsstoffe im Schleim, sowohl als die „Ruheperiode“ der Mistelsamen bedingend, als auch das Keimen anderer Samen auf dem Schleime behindernd oder schädigend erklärt. Heinricher hat nachgewiesen, daß bei Wahl der richtigen Außenbedingungen die Samen der Mistel überhaupt keine Ruheperiode haben, die keimungshemmende Wirkung des Mistelschleimes und ähnlicher Kolloide auf andere Samen aber führt er auf Grund seiner Versuche auf die physikalische Beschaffenheit des Mistelschleims und durch sie bedingte Störung der osmotischen Verhältnisse zurück.

2. „Über tödende Wirkung des Mistelschleimes auf das Zellgewebe von Blättern und Sprossen“. In dieser Abhandlung wird gezeigt, daß auf die Blätter von *Peltargonium inquinans* und von *Impatiens balsamina* mit ihrer Schleimhülle ausgelegte Mistelsamen in verhältnismäßig kurzer Zeit zu Reaktionen in den darunter gelegenen Blattgeweben führen, die mit Verfärbung derselben einsetzen und schließlich ihr Absterben hervorrufen. Die Erklärung für die geweбетödende Wirkung des Mistelschleimes wird im Anschluß an die erste Abhandlung auch hier in der physikalischen Natur des Schleimes und überhaupt ähnlicher Kolloide gefunden.

Prof. Dr. Anton Lampa in Prag übersendet eine Abhandlung: „Über erzwungene räumliche Schwingungen von Saiten“. Alle Punkte einer Saite, auf welche normal zu ihr in zwei aufeinander senkrechten Ebenen periodische Kräfte wirken, beschreiben im stationären Zustand Lissajousche Schwingungsfiguren gleicher Klasse. Sind die Kräfte in den beiden Ebenen längs der Saite gleichartig verteilt und haben sie außerdem gleiche Frequenz, so bildet die Saite in jedem Moment der Bewegung eine ebene Kurve, in jedem anderen Fall eine Raumkurve, ausgenommen in gewissen Zeitpunkten, wo sie eben wird.

Das w. M. Hofrat Dr. F. Steindachner legt eine Abhandlung von Prof. H. Rebel: „Lepidopteren aus Neumontenegro“ vor. Dieselbe ist eine Bearbeitung des lepidopterologischen Teiles der Ausbeute, welche von Dr. Arnold Penther im Jahre 1916 in Serbien und Neumontenegro gemacht wurde. Die Ausbeute enthält 496 Lepidopterenarten, darunter einige neu zu beschreiben gewesene Formen und eine neue Tortricidenart. Die Arbeit gibt die ersten Nachrichten über die Lepidopterenfauna des Sandschak Novipazar.

Das w. M. E. Wegscheider überreicht zwei Abhandlungen aus dem I. chemischen Laboratorium der k. k. Universität in Wien: 1. „Zur Kinetik der Reaktionen mit Elektrolyten im homogenen System“, von E. Wegscheider. 2. „Über die Methylierung mit Dimethylsulfat,



seine Versetzung durch wässrig alkalische Lösung und Wasser im heterogenen System und einen Fall von Kaliumkatalyse", von Alfons Klemenec.

# Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. (Stiftung Heinrich Lanz.)

## 6. Oktober. Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse.

Vorsitzender: Herr Bütschli.

Es werden folgende wissenschaftliche Arbeiten für die Sitzungsberichte und Abhandlungen vorgelegt:

1. Von Herrn L. Königsberger (Heidelberg): „Über die Hamiltonschen Differentialgleichungen der Dynamik“. II. Teil.

Bevor in Fortsetzung der im ersten Teile für die Irreduktibilität von Differentialgleichungssystemen ausgeführten Untersuchungen auf die Diskussion der Integrale der Hamiltonschen Differentialgleichungen näher eingegangen wird, soll zunächst die Frage erörtert werden, welche Form diese in die Jacobi-Weierstraßsche Normalform transformierten Differentialgleichungen der Dynamik annehmen, wenn die Integrale des Energieprinzips und des Prinzips der Flächen zu deren Reduktion benutzt werden. Sodann wird die Beschaffenheit der Integrale nach Transformation der Differentialgleichungen in die Normalform mittels der Koeffizienten der Energie und deren nach den Parametern genommenen Differentialquotienten für den Fall untersucht, daß die Abel-Weierstraßsche, in unbestimmten Konstanten lineare Hilfsfunktion einer algebraischen Gleichung mit nur verschiedenen Lösungen genügt, und endlich für den Fall gleicher Lösungen derselben den Differentialgleichungen eine für die Untersuchung der Integrale geeignete Normalform gegeben.

2. Von Herrn W. Deecke (Freiburg): „Über die Färbungsspur an fossilen Molluskenschalen“.

An den Gehäusen fossiler Mollusken, wozu hier aus praktischen Gründen die Brachiopoden gerechnet werden, sind seit ältester Zeit einzelne Farbspuren bekannt. Es wird eine Tabelle davon gegeben und aus dieser abgeleitet, daß für die Erhaltung der Farben die finisartige Deckschicht das wichtigste Element ist, daß ferner vorzugsweise glatte Gehäuse solche Reste zeigen und daß drittens hauptsächlich Fleischfresser dabei in Frage kommen, mit Ausnahme der Heliciden. Dann wird erörtert, bei welchen Formen überhaupt und unter welchen allgemeineren Bedingungen Farben auftreten und erhalten bleiben können, und auf den Gegensatz zwischen Schnecken und Ammoniten hingewiesen, welche letztere niemals irgendeine Färbungsspur erkennen lassen.

3. Von Herrn G. Klebs (Heidelberg): „Zur Entwicklungsphysiologie der Farnprothallien“. III. Teil.

Diese dritte Abhandlung untersucht, wie weit die für das eine Farnkraut, *Pteris longifolia*, nachgewiesene Abhängigkeit der Formbildung von der Intensität und der spektralen Zusammensetzung des Lichtes auch für andere Farne gilt. Die Mehrzahl der neu geprüften Arten verhält sich wesentlich wie *Pteris*. Die roten Strahlen erregen die Keimung der Sporen, die blauen hemmen sie; jedoch ist der Grad der Hemmung je nach der Spezies verschieden. Es gibt 2 Farne, für deren Keimung die Brechbarkeit keine Bedeutung hat: der Adlerfarn (*Pteridium*) und der Königsfarn (*Osmunda*). Die Sporen von *Pteridium* keimen in jeder Lichtart wie im Dunkeln, diejenigen von *Osmunda* wesentlich nur im Licht, wobei die Brechbarkeit nur insoweit eine Rolle spielt, als davon die C-Assimilation abhängt. Bei der Mehrzahl der Farne fördern die roten Strahlen die Streckung; bei geringerer Intensität entstehen nur Keimfäden, bei höherer (direkte Sonne) die Prothallien. Das blaue Licht schränkt die Streckung ein, befördert die Quer- und Längsteilung, so daß auch bei geringeren Intensitäten die Prothallienbildung erfolgt.

Die einzige Ausnahme ist der Königsfarn; bei ihm hängt die Farnbildung von der Größe der C-Assimilation ab; besondere Wirkungen der roten und blauen Strahlen sind nicht nachweisbar.

4. Herr P. Lenard (Heidelberg) legt die erste Hälfte einer zur Veröffentlichung in den Abhandlungen bestimmten Mitteilung: „Quantitative über Kathodenstrahlen aller Geschwindigkeiten“ vor, deren Inhalt dem Titel in eingehender Weise entspricht.

5. Von Herrn P. Stäckel (Heidelberg): „Eine von Gauß gestellte Aufgabe des Minimums“.

Wie erst neuerdings bekannt geworden ist, hat Gauß Andeutungen über ein Verfahren gegeben, das Minimum einer Funktion von mehreren Veränderlichen zu bestimmen, wenn Ungleichheitsbedingungen vorgelegt sind. Die wirkliche Durchführung erfordert, wie der Verfasser zeigt, teils Erörterungen im Gebiete der mehrfach ausgedehnten Mannigfaltigkeiten, teils die Integration gewisser Systeme gewöhnlicher Differentialgleichungen. Durch die dabei auftretenden Kurven schnellster Abnahme erhält man einen neuen Eingang in die Lehre von den Euler-Lagrangischen Multiplikatoren, zugleich ergibt sich ein neues Verfahren zur Lösung der Gaußschen Aufgabe, bei dem man mit den üblichen Mitteln (Differentiation und Elimination) ausreicht.

6. Von Herrn E. A. Wülfing (Heidelberg): „Der Viridin und seine Beziehung zum Andalusit“.

Der Viridin, ein durch seine intensiv grüne Farbe ausgezeichnetes Mineral, wurde vor sechs Jahren am Unteren Lindenbergweg bei Darmstadt von Bergrat Klemm gefunden und von ihm als eine Abart des Andalusits beschrieben. Auch war dieses Mineral, wie sich nachträglich herausstellte, schon 1896 im südlichen Schweden gefunden und ebenfalls als eine Andalusitvarietät angesprochen worden. Indessen hat die jetzige Untersuchung ergeben, daß der Viridin vom Andalusit zu trennen ist. Allerdings sind die chemischen Zusammensetzungen sehr ähnlich, da der Viridin sich nur durch einen kleinen Mangan- und Eisengehalt von Andalusit unterscheidet. Aber die übrigen Eigenschaften des Viridins, insbesondere die optischen Verhältnisse, die der Verfasser hier genauer untersucht, weichen doch so stark von Andalusit ab, daß der Viridin als eine besondere Mineralspezies aufgefaßt werden muß. Das in der Natur vorkommende einfache Tonerdesilikat mit gelegentlicher Vertretung eines Teils der Tonerde durch Manganoxyd oder Eisenoxyd war bis dahin trimorph, nämlich als Andalusit, Disthen und Sillimanit bekannt. Zu ihm gesellt sich nunmehr als neue Art der Viridin, so daß eine Tetramorphie des einfachen Tonerdesilikates anzunehmen ist.

Es folgen einige geschäftliche Verhandlungen und Mitteilungen des Sekretärs sowie die Bewilligung von 400 M. zur Unterstützung eines wissenschaftlichen Unternehmens.

## Sitzungsberichte der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

### 7. Juli. Sitzung der mathematisch-physikalischen Klasse.

1. Herr v. Seeliger legt vor eine Abhandlung von Prof. Großmann in München: „Untersuchungen über die astronomische Refraktion“. Die Klasse beschließt Aufnahme in die Abhandlungen.

2. Herr P. v. Groth bespricht die Entstehung der durch ihre Bergkristalle und andere Mineralien bekannten sogenannten Mineralklüfte der Zentralalpen und legt eine darauf bezügliche Arbeit von J. Königsberger über die Mineralagerstätten von Vals-Platz in Graubünden nebst einer geologischen Karte dieses Teiles des Adulamassivs mit Angabe der Mineralfundorte zur Publikation in den Abhandlungen vor.

3. Herr R. Willstätter spricht: „Über Cocain und Atropin“. (Wird später veröffentlicht.)

## Die Naturwissenschaften

Berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

## Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wollen an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 24.— für den Jahrgang, M. 6.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 60 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung

10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung von Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse G.

Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

## Ueber funktionelle Anpassung

ihre Grenzen, ihre Gesetze in ihrer Bedeutung für die Heilkunde

Von Dr. med. **Willi G. Lange**  
Charlottenburg

Nach dem Tode des im Felde gefallenen Verfassers  
herausgegeben von **Wilhelm Roux**

Preis M. 2.40



Handbuch der Mineralchemie, herausgegeben von C. Doelter,

Handbuch der regionalen Geologie, herausgegeben von G. Steinmann und O. Wilcken-Goldschmidt, V., Atlas der Kristallformen,

Handwörterbuch der Naturwissenschaften,

liefert zur Erleichterung der Anschaffung auf Wunsch gegen erleichterte Zahlungsbedingungen. Anfragen erbeten an

**Buchhandlung Hermann Meusser,**  
BERLIN W 57/9, Potsdamerstraße 75.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

# Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie

Jahrbuch des Vereines deutscher Ingenieure

Herausgegeben von  
**Conrad Matschoß**

Vor kurzem erschien:

**Siebenter Band**

Mit 70 Textfiguren und zwei Bildnissen — Preis M. 6.—; gebunden M. 8.—

### Inhalt des VII. Bandes:

**Geschichtliche Entwicklung der Berliner Elektrizitätswerke von ihrer Begründung bis zur Uebernahme durch die Stadt.** Von Prof. Dipl.-Ing. Conrad Matschoß, Berlin.

**Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der technischen Mechanik.** Von Dr.-Ing. h. c. und Dr. phil. h. c. A. von Rieppel und Dr.-Ing. L. Freytag, Nürnberg.

**Die Spurweite der Eisenbahnen und der Kampf um die Spurweite.** Ein Abschnitt aus der Entwicklungsgeschichte der Eisenbahnen. Von Dr. Karl Keller, München, vormals Professor in Karlsruhe.

**Die geschichtliche Entwicklung der Dampfkesselaufsicht in Preußen.** Von Dipl.-Ing. Dr. jur. Hilliger, Berlin.

**Beitrag zur Geschichte der Eisenbrücken in Ungarn.** Von Dr.-Ing. Hugo Fuchs, Prag.

**Daniel Peres.** Lebensbild eines Vorkämpfers der Solinger Meßmachertechnik. Von Oberingenieur Franz Hendrichs, Charlottenburg.

**Nikolaus Riegenbach.** Zu seinem hundertjährigen Geburtstag. Von Dr. Karl Keller, München, vormals Professor in Karlsruhe.

**Keltern einst und jetzt.** Von Prof. Dr.-Ing. Häuser, z. Zt. im Felde.

**Zur Geschichte der Dynamomaschine.** Die Entwicklung des Dynamobaues bei der Firma Siemens u. Halske (1866—1878). Von Prof. Dr. Adolf Thomalep, Karlsruhe.

**Beiträge zur außereuropäischen und vorgeschichtlichen Technik.** Von Dr.-Ing. Hugo Theodor Horwitz.

Preis von Band I—V je M. 8.—, gebunden je M. 10.—;

Band VI M. 6.—, gebunden M. 8.—.

Gebundene Bücher z. Zt. mit 10% Zuschlag für Einbandmehrkosten

---

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

# Werner Siemens

Ein kurzgefaßtes Lebensbild nebst einer Auswahl  
seiner Briefe

Aus Anlaß der 100. Wiederkehr seines Geburtstages

Herausgegeben von

**Conrad Matschoß**

Zwei Bände

In Halbpergament gebunden Preis M. 20.—

---

## Lebenserinnerungen

Von

**Werner von Siemens**

Mit dem Bildnis des Verfassers

Wohlfeile Volksausgabe. Zehnte Auflage.

In Leinwand gebunden Preis M. 2.40 Geschenkausgabe.

Dritte Auflage. (Vierter unveränd. Abdruck).

In Halbleder gebunden Preis M. 7. —

---

## Emil Rathenau und das Werden der Großwirtschaft

Von

**A. Riedler**

Geheimer Regierungsrat, Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin

Preis M. 5.—; in Leinwand gebunden M. 6.—

---

*Gebundene Bücher z. Zt. mit 10 % Zuschlag für Einbandmehrkosten*

---

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann in Berlin NW.



81.

III

100

M. SMOLUCHOWSKI.

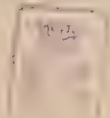
1931

LXXXVIII

5.11.1932

# KOBIETY W NAUKACH ŚCISŁYCH.

(ODCZYT Ś. P. PROF. M. SMOLUCHOWSKIEGO, WYGŁOSZONY  
W R. 1912 W ZWIĄZKU NAUKOWO-LITERACKIM WE LWOWIE).



Osobne odbicie z zeszytu XII. „Roku polskiego“.

N<sup>o</sup> 11.

KRAKÓW.

Czcionkami Drukarni Związkowej pod zarządem A. Szyjewskiego.  
1918.



## XI. Kobiety w naukach ścisłych

Odczyt wygłoszony w Związku Naukowo-Literackim we Lwowie, w r. 1912-ym: Rok polski, 1918.

Człowiek starej daty, który <sup>(ty tu)</sup> znalazł na dzisiejszem zebraniu, zadziwiłby się nie mało już samym doбором tematu, o którym mam mówić. Kobiety w naukach ścisłych? Wszak aż do ostatnich czasów temi naukami ~~się~~ wogóle nigdy nie zajmowały <sup>ty</sup> i przyczynek kobiet do rozwoju nauk ścisłych jest znikomo mały!

← Na tem (istotnie też) opierał się jeden z głównych argumentów, mających uzasadnić rzekomą niższość intelektualną kobiet. Nie zajmują się matematyką, ani fizyką, ani chemią, ~~właśnie~~ nie są zdolne do tego, ~~ale~~ wogóle nie potrafią myśleć logicznie! Sztuka, literatura (jeszcze są dla nich) przystępne, ale nauki, wymagające przed wszystkiemi innemi matematycznej ścisłości myślenia i chlubiące się mianem nauk ścisłych, te nauki zawsze pozostaną im obce.

Dziś zapatrywania ogółu na tę sprawę już znacznie się zmieniły. Dogmat o zasadniczej nielogiczności umysłu kobiecego przeszedł do składu starych przesądów. Zapewne, ~~że~~ dużo jest i takich kobiet, które mówią, ~~że~~ podług Sienkiewicza, ~~że~~ że dwa i dwa to jest lampa; ale odkąd szkoły średnie, a częściowo i wyższe, otworzono kobietom, odkąd wogóle poziom wykształcenia ich zbliżył się do poziomu wykształcenia męskiego, spostrzeżono ze zdziwieniem, że kobiety potrafią całkiem dobrze myśleć, jeżeli przeszły odpowiednie wykształcenie i ~~że~~ jeżeli do tego mają ochotę.

Absolwentki gimnazjów naszych nie gorzej i nie lepiej znają się na sinusach, cosinusach, logarytmach ~~jako~~ chłopcy; ~~a~~ również na uniwersytecie słuchają wykładow matematyki wyższej, fizyki,

nie  
spac

gdyż  
gdyż

nie  
spac

nie

↓ również



nie spac

nie spac

chemji z równym skutkiem. Profesorowie, którzy pod tym względem nabrali doświadczenia, twierdzą, że studentki nawet może przewyższają studentów w bystrości pojmowania, sumiennej pilności, oraz w łatwości przyswajania sobie materiału, ~~\*\*\*~~ jakkolwiek pod innym względem, co do samodzielności myślenia, mężczyźni stoją wyżej.

W Anglii i Ameryce od znacznie dłuższego już czasu niż u nas studjum uniwersyteckie jest dostępne dla kobiet; początek zrobiły Queen's College i Bedford College, należące do Uniwersytetu w Londynie, które już od roku 1848 dają im wyższe wykształcenie; tam też liczba kobiet, które złożyły egzamina uniwersyteckie, które zdobyły stopnie naukowe, bakalaureaty, doktoraty w dziedzinie nauk ścisłych, jest olbrzymia. W Ameryce kobiety jako nauczycielki w szkołach niższych i średnich zajmują miejsce pierwszorzędne, (nawet wypierają) coraz bardziej mężczyzn; ~~nie~~ dziwimy się temu, wszak wiemy, że posiadają wogóle zamiłowanie i zdolność do pracy pedagogicznej, a zrozumienie dla nauki mają takie same jak mężczyźni. ~~\*\*\*~~ Spotykamy się tam z coraz bardziej rosnącą liczbą kobiet-profesorów, wykładających matematykę, fizykę, chemję i nauki opisowo przyrodnicze na stopniu uniwersyteckim. Słynny uniwersytet<sup>w</sup> Cambridge, ognisko nauk ścisłych w Anglii, obejmuje w liczbie 17 kolegiów także dwa kolegia, wyłącznie dla kobiet przeznaczone, Girton College i Newnham College, w których cały personel nauczycielski jest kobiecy. W Stanach Zjednoczonych istnieją dwa uniwersytety dla kobiet: Bryn Mawr College w Pensylwanji i Wellesby College w Massachussetts. Pierwszy posiada personel mieszany; ~~tam n. p.~~ profesorami fizyki i chemji są mężczyźni, podczas gdy katedrę matematyki wyższej zajmuje od przeszło 20 lat panna Charlotte Scott, podobno matematyczka niepośledniej miary. W drugim wszystkie profesury są zajęte przez kobiety.

Nie ulega zatem ~~żadnej~~ wątpliwości i każdy to dzisiaj przyznać musi, że między kobietami znajduje się spora liczba, ~~\*\*\*~~ może nie mniej niż między mężczyznami, ~~\*\*\*~~ takich, które potrafią ~~\*\*\*~~ zdołać gruntowne wyszkolenie w zakresie nauk ścisłych, które są zdolne objąć cały obszar i całą głębię tych nauk.

(Są one zdolne do ~~nauczenia~~ się, a także zdolne do uczenia innych; ~~\*\*\*~~ ale jeszcze kwestja się nasuwa i nią głównie dzisiaj ~~\*\*\*~~ zajmiemy) czy są one zdolne do samodzielnej twórczej

↓ nie  
↓  
↓nie spac

pracy naukowej ~~w tym zakresie~~ i czy dorównują one mężczyznom w produktywności naukowej? *ywają*

Pod tym ~~ostatnim~~ względem niewątpliwie sprawa przedstawia się ~~całkiem~~ odmiennie. Do tego stosują się słowa na wstępie powiedziane, że aż do bardzo niedawna zasługi kobiet koło postępu nauk ścisłych były ~~prawie~~ prawie równe zeru. ~~W~~ Nawet i dzisiaj produktywność naukowa kobiet, ~~w~~ z wyjątkiem jednej, o której jeszcze dalej będzie mowa, ~~w~~ w zakresie tych nauk jest ~~une~~ *une* ~~quantité négligeable~~, pomimo że ~~twórczość ich~~ w literaturze, sztuce, poezji tak zaszczytne, często pierwszorzędne zajmuje miejsce.

*2* pewnością ~~możnaby~~ przytoczyć sporo nazwisk kobiet uczonych, które stworzyły prace ~~o~~ pewnej wartości naukowej. Niedawno np. zwrócono uwagę na badania pewnej Angielki, Mrs. Fulhame, z zakresu chemii, wydane w Londynie 1794 r., w której autorka podała różne ~~ciekawe~~ spostrzeżenia nad tem, co dzisiaj *Zajmujące* nazywamy roztworami koloidalnymi złota i srebra.

Z dzisiejszych czasów wymienię ~~Angielkę~~ Mrs. Sidgwick siostrę byłego premiera ~~ministrów~~ Balfoura, ~~o~~ wdowę po profesorze H. Sidgwick, stojącą dzisiaj na czele Newnham College w Cambridge, która w latach 1880—84 ~~udział brała~~ w nadzwyczajnie starannych, precyzyjnych pracach doświadczalnych słynnego fizyka Lorda Rayleigha ~~o~~ nad ustaleniem jednostek elektrycznych. Wymienić wypada dalej ~~Angielkę~~ Mrs. Hertha Ayrton, żonę profesora ~~elektrotechniki~~ Ayrtona w Londynie, która wykonała ~~ciekawe~~ badania nad łukiem elektrycznym, ogłosiła dzieło naukowe o tym ~~tem~~ przedmiocie, w roku 1902 nawet była proponowaną na członka Royal Society w Londynie, jednak ze względów formalnych *(t. j. z powodu, że jest kobietą)* nie została wybrana. *Interesujące* Można wymienić Niemkę Agnes Pockels, ~~Amerykankę~~ Miss Benson, ~~Holenderkę~~ Van der Noot, które wykonywały badania eksperymentalne z dziedziny zjawisk włoskowatości, ~~Niemkę~~ *p.* Lise Meitner, pracującą na polu promieniotwórczości; ~~o~~ zapewne jeszcze niejedno inne nazwisko możnaby dorzucić z zakresu matematyki, chemii lub astronomii.

*nie  
spac* Przyznać trzeba jednak, że nazwiska te utkwily nam w pamięci właśnie tylko dla tego, że były to kobiety, sam zaś przyczynek naukowy od ~~nich~~ pochodzący, jest tak drobny, że ginie w powodzi prac równie ważnych lub bez porównania ważniejszych, ~~jako~~ inni uczeni wykonali i wykonują. *↓ autorki  
(tych)*

nie spaz  
ale nazwiska spaz

7 sędnie

niemi  
bardziej  
sobie

Zresztą, <sup>A</sup>żeby nie polegać wyłącznie na własnym sądzie subiektywnym, biorę do ręki Auerbacha Geschichtstafeln der Physik, zawierające wyliczenie wszystkich ważniejszych odkryć i badań na polu fizyki oraz nauk pokrewnych ~~u~~ i żadnego z owych nazwisk tam nie znajduję. Wogóle Pośród przeszło 1300 nazwisk tam wymienionych spotykamy tylko trzy nazwiska kobiet; sądzę, że istotnie jedynie te trzy nazwiska mają znaczenie więcej niż efemeryczne w historii nauk / ścisłych; ~~z~~ niemi wypada nam obecnie zająć się nieco więcej szczegółowo, jeżeli pragniemy sobie wyrobić zdanie o istotnych zasługach uczonych kobiet.

Są to: Mademoiselle Sophie Germain, Zofja Kowalewska i Marya ze Skłodowskich Curie. Mademoiselle Sophie Germain jest znana w fizyce teoretycznej jako autorka słynnej pracy o drganiach płyt sprężystych, która co prawda później okazała się błędna, <sup>a</sup> ale mimo to <sup>mała</sup> ~~posiadała~~ pewne znaczenie dla postępu nauki. ~~A~~żeby przedmiot tych badań ~~nieco~~ bliżej objaśnić, pozwolę sobie przypomnieć ~~one~~ <sup>one</sup> ~~bardzo~~ efektywne doświadczenia, w których płyty sprężyste, np. okrągłe albo kwadratowe kawały grubej blachy mosiężnej, ~~przymocowane~~ <sup>u</sup> na odpowiednim statywie, zostają pobudzone do drgań poprzecznych, np. zapomocą pociągnięcia smyczka skrzypcowego w jednym punkcie brzegu. Jeżeli na taką płytę nasypiemy nieco miążkiego piasku, wówczas ~~one~~ drgania układają go w ładne regularne figury, których kształt zależy od kształtu płyty, oraz od sposobu, jak została pobudzona do drgań.)

(Odkrył to zjawisko Chladni pod koniec XVIII. wieku; podług niego nazwano je „Chladni'sche Klangfiguren”; ~~z~~ doświadczenia te, spopularyzowane przez dzieła Chladniego (1802 r.) i przez jego wykłady publiczne, szerokiego wówczas nabyły rozgłosu w Niemczech i Francji.)

Parzyńska

Na życzenie Napoleona, którego zajęły <sup>te</sup> ~~one~~ doświadczenia, Akademia Francuska rozpisała w roku 1809 nagrodę za pracę, któraby te zjawiska teoretycznie wyjaśniła. Chodziło tu zatem o rozwiązanie problemu <sup>matu</sup> matematycznego: jak drgania takiej płyty (się odbywają, a było to tem trudniejsze, że ogólna, matematyczna teoria zjawisk sprężystości wówczas jeszcze nie była znana. W roku 1811 panna Germain nadesłała pracę Akademii, słynny matematyk Lagrange jednak, który zasiadał w Komisji sądzącej, odkrył błąd w rachunkach. W poprawionej ~~formie~~ <sup>postaci</sup> praca znów



została przedstawiona Akademii i w roku 1815 nagroda ~~owa~~ została przyznana autorce, która ~~z~~ w dalszym ciągu jeszcze) swe badania nad tym ~~samym~~ przedmiotem uzupełniała.

Wiemy dzisiaj, jak wspominałem, że część wyników owych prac, także poprawionej, była błędna. W tego rodzaju zagadnieniach chodzi ~~mianowicie~~ o wyprowadzenie tak zwanego równania różniczkowego, które ~~określa~~ zachowanie się punktów powierzchni płyty, ~~z~~ ~~podług~~ o wyprowadzenie t. zw. warunków krańcowych, które określają sposób, jak brzegi płyty podczas ruchu ~~się~~ zachowują. Pierwsze <sup>z</sup> równanie było poprawne, ale warunki krańcowe były błędne; ~~z~~ wskutek tego też sam rezultat końcowy ~~falszywy~~ był mylny.

(Zresztą ~~jest to~~ przedmiot najeżony niezwykle trudnościami. ~~wszak~~ i znany matematyk Poisson, powracając do tego samego problemu <sup>z</sup> w roku 1829, podał inne warunki krańcowe, niż panna Germain, ale również błędne. Dopiero Kirchhoff w r. 1850 znalazł właściwe, do owego przypadku ~~(się stosujące)~~ warunki krańcowe i podał zupełne rozwiązanie zagadnienia dla płyt okrągłych, ale odpowiedni rachunek dla płyt kwadratowych (takie) przedstawia trudności, że po licznych usiłowaniach ~~ze strony~~ różnych fizyków i matematyków dopiero przed trzema laty (1909) rozwiązanie jego zostało znalezione. Dokonał tego niezwykle utalentowany, w wieku młodocianym (trzydziestu lat) zmarły fizyk szwajcarski Walter Ritz, któremu przyznana została za to nagroda Akademii <sup>paryskiej</sup> ~~Francuskiej~~ *Prix Lecomte*, ~~ni~~ niestety już po śmierci.

Powracając do pracy panny Zofii Germain, przyznać trzeba, że był to czyn naukowy, wybitny na owe czasy, i jako taki też mimo późniejszej krytyki zachowuje miejsce zaszczytne w historii fizyki matematycznej. Co do osobistości autorki, nie wiele podać potrafię szczegółów interesujących, gdyż życie jej nie odznaczało się barwnością wypadków, ~~ni~~ w jaskrawem przeciwieństwie do epoki, na którą przypadało: 1776 aż do 1831. Znakomity leksykon biograficzny nauk ścisłych Poggendorffa powiada lakonicznie: „Keine nähere Nachricht von ihren Lebensverhältnissen; war unverheiratet“, natomiast w *Biographie Universelle* Michaud znajdujemy życiorys szczegółowy, napisany z dużym ciepłem. Zdaje się, że (to) nie przypadkowa ~~tylko~~ <sup>leż</sup> koincydencja, ~~że~~ właśnie na burzę rewolucji francuskiej przypada pojawienie się osobistości tak niezwykłej, jak panna Germain.

Słynny matematyk Lagrange poznał się na jej zdolnościach, gdy później pod przybranym nazwiskiem, podając się za ucznia szkoły politechnicznej, jemu przesłała swe wypracowania matematyczne. Dowiedziawszy się przypadkowo, kto był ich autorem, odwiedził pannę Germain; odtąd zapoznawali się z nią i schadzali się w jej domu wybitni uczeni, pociągani <sup>przez</sup> osobistością uczonej matematyczki i <sup>przez</sup> jej darami konwersacyji; biograf powiada, że rozmowa ~~jej~~ posiadała elegancję pięknego wzoru matematycznego Laplace'a, a często nawet odznaczała się natchnieniem poetycznem. Uobóstwiała ~~ona~~ przede wszystkim harmonię i porządek; badała prawa matematyki, podziwiała wieczny porządek w prawach przyrody, pragnęła porządku, harmoniji i sprawiedliwości w urządzeniach społecznych.)      *nawet*

~~Ala~~ ~~nawet~~ ~~nie~~ ~~znając~~ ~~wcale~~ ~~żadnych~~ bliższych szczegółów biograficznych, ~~z~~ sądząc jedynie podług działalności naukowej panny Germain, ~~odrazu~~ poznajemy, że trzeba ją zaliczyć do typów umysłowych, które Ostwald nazywa „klasykami“, w przeciwstawieniu do „romantyków“.)

(Czyż (to nie jest) charakterystyczne, że w ciągu 17 lat wciąż tem samem, dość zresztą specjalnem zagadnieniem ~~się~~ zajmowała, że napisała pięć prac ~~nad~~ tym przedmiotem, stopniowo poprawiając i uzupełniając swoje badania, że żadną inną wybitniejszą pracą (się nie wslawiła). Świadczy to ~~o~~ o skłonności do ciągłych, cierpliwych i starannych usiłowań w jednym kierunku, jakiej nie jeden mężczyzna (by mógł) pozazdrościć.

~~Calciem~~ <sup>W</sup>odmiennym typem umysłowym była druga uczona, przedtem wymieniona: Zofja Kowalewska; <sup>W</sup>umysłowość, objawiająca się w nauce, łączyła się ściśle ~~toż~~ z usposobieniem, ~~jako~~ <sup>które</sup> znamy z biografii, <sup>z</sup>listów i pamiętników.

72

W.D.C.

bez  
acc.

Charakter niestały, zmienny w sympatyach i antypatyach, działający impulsywnie, często wprost nierozsądnie, bez zastanowienia, usposobienie, wahające się między ekstazą a przygnębieniem, umysł nadzwyczajnie ruchliwy, garnący się z zapalem ~~nie~~ ~~skłonny~~ do wszystkiego, co zajmujące i porywające, do nauki, literatury, socjalizmu, prądów wolnościowych. A w badaniach naukowych: czyż to nie uderzające, że prace, które ogłosiła, ~~a~~ w liczbie sześciu, ~~a~~ odnoszą się do pięciu najzupełniej różnych, odrębnych przedmiotów.

Pierwsza ~~z nich~~, rozprawa doktorska, dotyczyła teorii cząstkowych równań różniczkowych; w drugiej autorka opracowywała pewne zagadnienia z nadzwyczajnie trudnej i nieprzystępnej dziedziny matematyki t. zw. całek Abel'a; trzecia rozprawa odnosiła się do przedmiotu z zakresu fizyki teoretycznej: <sup>do</sup> załamania światła w ośrodkach krystalicznych, czwarta do badań Laplacea nad obęczami Saturna, ~~a~~ wreszcie piąta i szósta praca do pewnego klasycznego zagadnienia z dziedziny mechaniki, ~~do~~ ruchu obrotowego ciała sztywnego. Te ostatnie dwie prace <sup>imię</sup> Kowalewskiej najwięcej wstawily i za nie została ona nagrodzona przez Akademię ~~Francuską~~ przyznaniem nagrody Prix Bordin (1888).

nie  
spac

Ażeby ~~choć~~ kilku słowami wyjaśnić, co jest przedmiotem tego zagadnienia, pozwolę sobie przypomnieć zabawkę dziecinną: bąk wirujący. Jeżeli bąk ~~taki~~, nie wprowadzając go w ruch obrotowy, postawimy na stole tak, ażeby koniec osi jego utkwiał w małym wydrążeniu, bąk mimo to (się przewróci) pod działaniem ciężkości. Jeżeli mu jednak nadał~~emy~~ ruch obrotowy, bąk zachowywa

lecz

~~tylko~~ tak się porusza, że oś jego opisuje rodzaj stożka naokoło pionu. ~~Otóż~~ Ruch ten ~~da się~~ obliczyć z całą ścisłością na podstawie zasad mechaniki; można ~~najdokładniej~~ przewidzieć, jakie kolejne pozycje oś będzie zajmowała z jaką prędkością będzie zmieniał swój kierunek i t. d. To zagadnienie już Lagrange rozwiązał pod koniec wieku osmnastego. Natomiast, mimo licznych wysiłków nie udało się matematykom rozwiązać zadania ogólnego,

można

w ~~tem~~ przypadku, gdzie kształt ciała obracającego się nie posiada symetrii obrotowej jak bąk, ~~tylko~~ jest dowolny i gdzie stały punkt, około którego obrót (się odbywa) ma ~~pozycję~~ dowolną.

lecz

~~Otóż~~ Kowalewskiej udało się znaleźć jeszcze jeden specjalny przy-

↓ położenie.



padek, w którym to obliczenie daje się wykonać; w ostatnich latach matematycy, pobudzeni do dalszych badań przez pracę Kowalewskiej, ~~nawet~~ udowodnili, że są to wogóle jedyne przypadki, w których rachunek może być w ten sposób wykonany.

Jak dalece współczesni uczeni cenili talent Kowalewskiej, o tem świadczy ~~ten~~ nekrolog, ~~napisany~~ w „Neues Journal für Mathematik“, przez słynnego niemieckiego matematyka ~~prof.~~ Kroneckera, w którym ~~między innemi~~ powiedział: „Sie verband mit einem ausserordentlichen Talent, sowohl für allgemeine mathematische Spekulation, als auch für die bei der Ausführung spezieller Untersuchungen notwendige Technik, gewissenhaften und unermüdlichen Fleiß; hielt bei intensivster Fachtätigkeit stets ihren Sinn für andere geistige Interessen offen; bewahrte dabei immer ihre Weiblichkeit und erwarb und erhielt sich darum im Verkehr auch die Sympathien derjenigen, die außerhalb ihres fachwissenschaftlichen Kreises standen. Die Geschichte der Mathematik wird von ihr als einer der merkwürdigsten Erscheinungen unter den überhaupt äußerst seltenen Forscherinnen zu berichten wissen. Ihr Gedächtnis wird durch die zwar nicht zahlreichen, aber wertvollen Arbeiten, welche sie veröffentlicht hat, in der ganzen mathematischen Welt fortdauern“.

W przeciwieństwie do Zofii Germain, umysłowość Zofii Kowalewskiej uwydatnia ~~jakoś~~ cechy typu romantycznego (według Ostwalda): ruchliwość, albo raczej burzliwość umysłu, wrażliwość, intensywność wysiłków krótkotrwałych, ~~to co się zwykle określa słowem „genialność“~~. Ażeby uniknąć nieporozumienia, zaznaczyć ~~jednak~~ wyraźnie, że słowo „romantyczność“ oznacza tu wyłącznie ~~tylko~~ pewne usposobienie intelektualne, a nie romantyczność uczuciową w powszednim tego słowa znaczeniu. Pod tym ~~ostatnim~~ względem, przeciwnie, pisma i listy pozostałe dowodzą, że Kowalewska, która wyszła za mąż tylko dlatego, ażeby wyostać się z nieznośnych stosunków domowych i móc (się oddać nauce, przez całe życie pragnęła ~~daremnie~~ poznać ~~to~~, co nazywała „ptakiem niebieskim“ i co zajmuje ~~takie~~ naczelnie często miejsce w życiu ~~innych~~ kobiet. Zdaje się, że żywo odczuwała ten brak i że to było jedną z tragedji jej życia.)

Co do tej strony jej życia, powstała ~~nawet~~ ~~pownego rodzaju~~ polemiczna literatura, dzięki biografom Kowalewskiej, których interesowały zdarzenia jej życia prywatnego ~~stokroć razy więcej niż~~

Opisany

Pczytamy

str. 10

Umysłowy analityk

[naprawdę]

*o wiele łatwiej niż*

jej znaczenie w nauce. ~~Dziwna rzecz, że~~ <sup>2</sup> ~~mężczyzna~~ <sup>1</sup> ~~uczony~~ występuje zawsze jako ~~coś prawie nie~~ <sup>2</sup> ~~osobowego~~, jako autor pewnych prac naukowych; ~~z wyłączeniem~~ według wartości tych prac ~~ocadza się~~ jego znaczenie, bez względu na jakiegobądź strony życia prywatnego. Gdy zaś chodzi o ~~kobietę~~ <sup>1</sup> ~~uczoną~~, wszyscy interesują się przede wszystkim jej ~~życiem~~ <sup>1</sup> ~~prywatnem~~, które przecież ~~najmniejszej~~ <sup>1</sup> ~~obojętne~~ <sup>1</sup> ~~jest~~ przy ocenie zasług naukowych; ~~a~~ <sup>1</sup> ~~jakże~~ łatwo przy ~~tem~~ o rzucanie podejrzeń, ~~właściwie~~ <sup>1</sup> ~~nic~~ do rzeczy nie mających, a przecież krzywdzących w oczach ogółu. ~~Pomimo~~ <sup>1</sup> ~~raz~~,

*Inicjalnie osobowo*

*tylko o*

~~Właśnie dlatego też, że~~ <sup>1</sup> ~~obchodzi nas tu strona naukowa~~, a nie prywatna życia Kowalewskiej — burzliwego zresztą, jak burzliwy był jej umysł i ~~ciekawego~~, ~~jak ciekawą była cała ta~~ <sup>1</sup> ~~osobistość~~ — ograniczę się do kilku tylko dat biograficznych.)

*czego jak*

*Zajmuj*

(Była córką generała rosyjskiego Korwina Krukowskiego, urodzona 1851 r. w Moskwie; mając lat 17, wyszła za mąż (na razie tylko pozornie) za prof. paleontologii Kowalewskiego, co umożliwiło jej studyowanie matematyki w Heidelbergu, Berlinie i Getyndze, gdzie 1874 r. złożyła doktorat. Życie rodzinne nie było szczęśliwe; spędzała też ~~dosyć~~ <sup>1</sup> ~~czas~~ na wyjazdach za granicę. ~~W~~ <sup>1</sup> ~~r. 1883~~ w Paryżu doszła ją wiadomość, że mąż wskutek trudności finansowych popełnił samobójstwo. Wówczas została powołana w r. 1884 jako docentka, a wkrótce jako profesor matematyki ~~na~~ <sup>1</sup> ~~Uniwersytet~~, ~~do~~ <sup>1</sup> ~~Sztokholmu~~; na tym stanowisku rozwinięła ~~właśnie swoją~~ <sup>1</sup> ~~działalność~~ naukową, zbyt krótką niestety, gdyż w r. 1891 nagle zmarła na zapalenie płuc.)

*była*

(Gdyby śmierć nie była tak przedwcześnie położyła kresu jej działalności, ~~niewątpliwie~~ <sup>1</sup> ~~rola~~ Kowalewskiej w dzisiejszej matematyce i fizyce teoretycznej byłaby donioślejsza. ~~Tak~~ <sup>1</sup> ~~W~~ ciągu siedmiu lat ~~uroj~~ <sup>1</sup> ~~profesury~~ dała świadectwa niezwykłego uzdolnienia, przebłyski genialne; ~~ale~~ <sup>1</sup> ~~zawsze~~ są to ~~raczej~~ <sup>1</sup> ~~drobiazgi~~, nie zdołała stworzyć nowych dziedzin wiedzy, otworzyć nowych dróg postępu badaniom w nauce, ~~a~~ <sup>1</sup> ~~do~~ czego prawdopodobnie przed wszystkimi innymi kobietami była uzdolniona.

*Jednak*

Pod względem znaczenia ogólnonaukowego działalność naszej rodaczki pani Curie-Skłodowskiej, do której obecnie przechodzę, jest niewątpliwie w skutki <sup>1</sup> ~~wiele~~ donioślejsza. Imię to dzisiaj nabyło rozgłosu, jakim żadna inna kobieta uczona ~~nie~~ <sup>1</sup> ~~cieszyła~~ <sup>1</sup> ~~nie~~ <sup>1</sup> ~~wątpliwie~~ <sup>1</sup> ~~też~~ <sup>1</sup> ~~trwale~~ <sup>1</sup> ~~zostanie~~ zapisane na wybitnem miejscu w historii fizyki i chemii.

*↓ o*

*nie nigdy;*





(nie spier)

wykryć tylko drogą pośrednich skutków, które wywołują; ~~nie~~ <sup>promieniowa z</sup> ~~nie~~ działają na płytę fotograficzną ~~jak światło~~, ~~nie~~ można je [fotografować; ~~a po drugie~~ <sup>to</sup> ~~to~~ powietrze i wogóle <sup>L wie</sup> gaz, przez które przechodzą, ~~zamieniają~~ <sup>ionizują</sup> w przewodniki elektryczności. W zwykłych ~~normalnych~~ warunkach powietrze jest doskonałym izolatorem; ~~elektryczności~~, tak że n. p. elektroskop naładowany elektrycznością, jeżeli dobrze jest skonstruowany, może swój nabój zatrzymać <sup>ty</sup> ~~ty~~ miesiącami. W obecności promieni Becquerela ~~jednak~~ <sup>F przez czas</sup> powietrze, ~~jak powiedano~~ <sup>kilku</sup> ~~ionizuje się~~ <sup>miesięcy.</sup>, staje się przewodnikiem ~~elektryczności~~; objawia się to opadaniem listków elektroskopu; <sup>L zjawisko</sup> ~~szybkość~~ <sup>radw.</sup>, z którą to ~~następuje~~, będzie (w jednakowych warunkach ~~doświadczenia~~) miarą natężenia promieni Becquerela, będących źródłem ~~tego~~ przewodnictwa. ~~Wobec tych dwóch metod~~ Becquerel i inni fizycy używali przedewszystkiem metody fotograficznej, natomiast p. Curie zaczęła używać systematycznie metody elektrycznej, która tę posiada wyższość, że <sup>L daje</sup> ~~bezpośredni~~ <sup>daje</sup> sposób porównania ilościowego, liczbowego promieniotwórczości, podczas gdy metoda fotograficzna daje tylko ~~tylko~~ grube wskazówki jakościowe.

~~Wobec~~ <sup>Wobec</sup> pomiary wykonane przez panią Curie dowiodły, że ze znanych wówczas pierwiastków chemicznych jedynie uran i tor (metal odkryty niegdyś przez Berzeliusa), oraz wszystkie związki chemiczne tych pierwiastków posiadają właściwość promieniotwórczości w dostrzegalnym stopniu; ~~i tak samo też~~ pomiędzy różnymi minerałami, ~~przynajmniej tym~~, które były dostępne pani Curie, tylko rudy uranowe i torowe ta właściwością się odznaczają.

← Co jednak (najdziwniejsze) było: pokazało się, że rudy uranowe, n. p. blenda smolna z Joachimstalu w Czechach, posiadają promieniotwórczość trzykrotnie wyższą od uranu czystego, ~~który~~ <sup>promie-</sup> ~~przecież tylko część (dwie trzecie) owej rudy wypełnia~~ <sup>niotwórczość</sup>.

(Nie dało się to inaczej wytłumaczyć jak tylko w ten sposób, że w owej rudzie oprócz Uranu (jeszcze inna), dotychczas nieznaną substancję promieniotwórczą (jest zawarta); ~~Chcąc~~ <sup>Chcąc</sup> pani Curie postawiła sobie <sup>20</sup> ~~zadanie~~ <sup>zadanie</sup> znaleźć tę nieznaną substancję; ~~i do~~ <sup>i do</sup> ~~badania tego~~ przyłączył się także ~~pan~~ <sup>Piotr</sup> Curie, porzucając dawniejsze swoje poszukiwania z zakresu magnetyzmu.

Jakim sposobem ~~jednak~~ <sup>miano</sup> wydzielić tę substancję, o której nic *a priori* nie było wiadome, jak tylko ~~to~~, że jest promieniotwórcza? Metoda była zupełnie oryginalna i ~~logicznie~~ <sup>(dobrze)</sup> obmyślona.

Przy zwykłej analizie chemicznej rozpuszcza się zazwyczaj dane ciało kwasami; potem przez dodanie ~~potem przez dodanie~~ reagensy, wytrąca się z roztworu ~~substancje~~ substancje, które z ~~owem~~ reagens łączą się w związek nierozpuszczalny. Jakże reagensy strącać będą ową ~~nieznaną~~ substancję, naturalnie powiedzieć nie można było; więc próbowano<sup>24</sup> każdym razem przy rozdziale substancji na dwie części, która część była silniej promieniotwórcza. ~~Ona~~ Ruda uranowa zawiera ~~niezróżnicowane~~ pierwiastki ~~uraniu~~, U, Pb, Fe, Hg, Si, Bi, Ba i t. d. Pokazało się przy takiej analizie, że frakcja zawierająca bizmut, oraz frakcja zawierająca bar~~yum~~, były silnie promieniotwórcze, podczas gdy zwykły bizmut i bar~~yum~~ z innych rud otrzymany, ani śladu tej właściwości nie ~~okazuje~~ ~~okazuje~~. ~~Z tego powodu małżonkowie~~ Curie<sup>25</sup> że ruda uranowa zawiera dwa nowe pierwiastki silnie promieniotwórcze, jeden podobny do bizmutu w swych właściwościach chemicznych, który nazwano polon<sup>em</sup>, a drugi podobny do baru, który nazwano rad<sup>em</sup>. To odkrycie ogłoszono w roku 1898, drugą część wspólnie z ~~panem~~ Bémont, który był pomocny przy badaniach chemicznych.

(Równocześnie pan Demarçay, specjalista na polu spektroskopji stwierdził, że ~~owo~~ bar~~yum~~, zawierające według zdania Państwa Curie nowy pierwiastek rad<sup>em</sup>, ~~istotnie~~ przy analizie widmowej ~~okazuje~~ linję dotychczas nieznaną; potwierdziło to odkrycie ~~Państwa~~ Curie ponad wszelką wątpliwość.

Chodziło teraz o to, żeby większe ilości tych substancji wyosobnić i bliżej poznać ich właściwości. ~~Narazie~~ Rząd austriacki, właściciel kopalni w Joachimsthal, dostarczył 10 centnarów odpadków rudy uranowej, które ~~właśnie~~ owe substancje zawierają; później różne towarzystwa francuskie dalszego materiału dostarczyły. ~~At~~ Jakże trudności to zadanie przedstawia, to zrozumiałe będzie, gdy powiem, że ilość radu zawarta w 1000 kg rudy wynosi mniej więcej jedną dziesiątą część grama. Podobnie np. ~~leżda~~ Woda rzeczna, ~~także~~ woda morska, zawiera ślad złota i to ~~jest~~ mniej więcej ~~ta sama proporcja~~ jak w wodzie morskiej. Nikt złota nie wydobywa z wody morskiej, a jednak wyłączenie radu z rudy uranowej jest zadaniem jeszcze ~~niełatwiejszym~~ trudniejszym, gdyż rad<sup>em</sup> tak (podobny jest) chemicznie do bar~~yumu~~, tak stale mu towarzyszy w wszelkich reakcyach, że (oddzielenie ich) jest procesem nadzwyczajnie mozolnym i trudnym.

W podobnym stosunku.

↓ jednak

↓ tymczasem wydobyć

w d.c. ↗

LP.

F. wyprawa  
dzielił wycie  
w m. r. k.

nie  
zac.

nie  
zac.



bez a.c.p.

↑ zatem

154

15

Użyto do tego sposobu krystalizacji frakcjonowanej. Za-  
uważono mianowicie, że chlorek radowy jest mniej rozpuszczalny  
w wodzie niż chlorek barowy. Więc jeżeli się odparowuje roz-  
twór mieszaniny, tak, że kryształy (się osadzają) na dnie naczynia,  
pokazuje się, że te kryształy (stosunkowo więcej zawierają) radu  
niż ciecz nad nimi (się) unosząca. Można zatem te kryształy na  
nowo rozpuścić w wodzie, na nowo odparowywać; otrzymuje się  
kryształy o większej jeszcze koncentracji soli radowej. Powta-  
rzając takie operacje, według ~~planu~~ <sup>zadania</sup> systematycznego planu,  
setki i tysiące razy, ~~z wielką~~ <sup>z wielką</sup> starannością i sumiennością, można  
~~zyskać~~ wreszcie ~~do~~ minimalną ilość prawie zupełnie czystej soli radu.

otrzymać

To oczyszczenie radu, a później podobnie też polonu było  
dziełem pani Curie ~~samoj~~ <sup>zajęła</sup>. Postawiła sobie mianowicie za-  
danie: ~~zrealizować~~ <sup>zrealizować</sup> sposobem czysto chemicznym ciężaru atomo-  
wego radu, zadanie nadzwyczajnie śmiałe ze względu na trudności  
oczyszczania, oraz na minimalne ilości materiału.)

znalezienie

Natomiast pan Curie, pozostawiając stronę ~~czysto~~ <sup>czysto</sup> chemiczną  
tych poszukiwań żonie, zajął się ~~więcej~~ <sup>więcej</sup> fizycznymi badaniami nad  
promieniami wysyłanymi przez owe substancje. Nie mogę wcho-  
dzić w przedstawienie ~~długiego~~ <sup>długiego</sup> szeregu badań ~~niezwykle~~ <sup>niezwykle</sup> do-  
niosłych, które wykonał ~~częściowo~~ <sup>częściowo</sup> sam, ~~częściowo~~ <sup>częściowo</sup> z żoną  
albo ~~z~~ <sup>z</sup> innymi współpracownikami. Podkreślę tylko ~~te~~ <sup>te</sup> bada-  
nia, które pani Curie wykonała <sup>sama</sup> na własną rękę, ~~te~~ <sup>te</sup> przedewszyst-  
kiem ~~to~~ <sup>to</sup> określenie (ciężaru atomowego) radu, ~~które stanowi~~ <sup>które stanowi</sup> jeden  
z klasycznych przykładów ~~starożytnych~~ <sup>starożytnych</sup> badań tego rodzaju, ~~po-miętny~~ <sup>miętny</sup> w dzisiejszej chemii. Przez dziewięć lat tym problemem  
~~się zajmowała~~ <sup>się zajmowała</sup> i wciąż nowe próby podejmowała z coraz rosnącą  
precyzją ~~pracy~~ <sup>pracy</sup>, aż wreszcie w r. 1907 jako ciężar atomowy radu  
otrzymała liczbę 226.45.

Piotr

wyznaczenie

Pani Curie  
zajmowała  
się

Znaczenie naukowe tych prac oczywiście potrafi tylko chemik.  
Czasami słyszy się z ust niefachowców, zwłaszcza takich, którzy  
*a priori* kobiecie odmawiają zdolności myślenia samodzielnego,  
że to przecież była praca tylko mechaniczna, że inspirację  
autorka zawdzięczała mężowi. Łatwo to powie-  
dzieć i ktoś stwierdzi słuszność czy niesłuszność? Choć charakte-  
rystyczne jest już to, że Akademia Szwedzka w roku 1902 udzie-  
liła nagrodę Nobla obu małżonkom Curie wraz z Becquerelem,  
oraz że pan Curie w roku 1904 odrzucił proponowaną mu przez  
Rząd francuski *légion d'honneur* z tym motywem, że żona w jego



~~odkryciach ma równy udział. Ale pominąwszy kwestię oryginalności pomysłu, której rozstrzygnięcie jest niemożliwe a roztrząsanie jest nader przykre ze względu na ścisły i nadzwyczaj lojalny stosunek obu małżonków, zaznaczę jedną rzecz: Zupełnie mylnie sobie ludzie niefachowi wyobrażają twórczość naukową jako szereg genialnych pomysłów! A przede wszystkim stosuje się to do chemii, tam pomysły są tanie; cennie jest ich wykonanie! W żadnej innej nauce ohyba ścisłość i precyzja pracy nie jest tak ważną jak w chemii.~~

Wiedomo zresztą, że niestety Współpracownictwo małżonków Curie zostało ~~przeważnie~~ przerwane zrzuceniem losu Brutalnie tragicznym: 19. kwietnia 1906 r. P. Curie został przejechany automobilem; śmierć zaskoczyła tego pierwszorzędnego uczonego w 47. roku życia. (w d. c.)

*Tristety*  
*L. pani Curie*  
Zresztą losy osobiste pani Curie są wszystkim znane. Po śmierci męża została powołana jako następczyni jego na katedrę Sorbony, stworzoną dla jej męża w roku 1904; od tego czasu stoi na czele laboratorium instytutu radiologicznego Paryża. ~~W tym roku była kandydatką na członka Akademii Francuskiej („l'Institut”), przy wyborze jednak zwyciężyli zasadniczy przeciwnicy udziału kobiet w tej instytucji i przeczł małą większość Branly, swoją drogą także uczonego, któremu nie można odmówić pewnych zasług na polu fizyki. Paryż jednak przy tej sposobności okazał się godnym swej sławy jako gniazdo kłik koteryi i intryg, które oderwały się głośnym echem w prasie europejskiej i których sensacyjność tak zupełnie nie zgadza się z tą cichą, poważną i unikającą rozgłosu osobistością, jaką jest pani Curie. Nagrodzoną została swoją drogą udzieleniem powtórnym, tym razem jej osobiście, nagrody Nobla, dokonaniem przed kilku miesiącami.~~

*Wydział*  
Pośród prac w ostatnich latach wykonanych, jeszcze wypada wymienić ~~przeważnie~~ wytworzenie radu metalicznego z soli radowych przedtem otrzymanych; ~~to~~ jako fakt naukowy stanowiący niejako ~~konieczną~~ działalność Curie-Skłodowskiej nad promieniotwórczością. Odtąd zwróciła swoją czynność przede wszystkim w kierunku badań nad polon<sup>em</sup>, ~~o~~ do której znacznie mniej ~~już~~ wiemy niż ~~o~~ radzie. *pracy*

Chcąc ~~4~~ charakteryzować typ umysłowy pani Curie Skłodowskiej według (podziału trafnego) Ostwolda, sądzę, że jest ona (po-

↓ ~~u~~ uwięzienie badań p.

dobnie jak jej mąż) wybitną przedstawicielką typu „klasycznego”. Ścisłe logiczne rozumowanie, praca metodyczna, wytrwała, w kierunku jasno wytkniętym, zadowolenie w precyzyjnym wykończaniu badań, ostrożność w formułowaniu hipotez i wniosków, są to cechy nadzwyczajnie charakterystyczne, ~~odróżniające ją zasadniczo~~ n. p. od ~~współczesnych na tym samym polu pracujących Anglików~~ J. J. Thomsona, Rutherforda, Sir Williama Ramsaya, typowych „romantyków”. Ta cecha charakteru ~~tylko~~ czemu z pewnością niechęć odnosi się do dzisiejszego stanu badań nad promieniotwórczością, gdzie panuje formalny wyścig za szeregiem odkryć, gdzie się publikuje prace jeszcze niedojrzałe, tylko dlatego, żeby się nie dać obdzielić komu innemu w pierwszeństwie.

Doniosłości badań Państwa Curie dla nauki ~~chyba~~ nie potrzeba ~~obracanie~~ objaśniać. Stworzyły one podstawę dla nauki o promieniotwórczości, dzisiaj już samodzielnej gałęzi wiedzy, pośredniej między chemią i fizyką, która na jedną i drugą umiejętność ~~całkiem~~ nowe, nieoczekiwane światło rzuciła. Wspomnę tylko ~~n. p.~~, że badania Rutherforda stwierdziły ~~niekiedy~~ słuszność teorii transformacji atomów, ogłoszoną jako ~~niekiedy~~ hipotezę przez panią Curie już w roku 1899; według której atomy pierwiastków promieniotwórczych nie są niezienne, tylko z biegiem czasu ~~nie~~ starzeją i kruszeją, a Okruchy odpadające, (to są właściwie ~~one~~ promienie  $\alpha$  i  $\beta$ , składające się z cząstek ~~wystających~~ przez atomy z olbrzymią prędkością.)

Tak wiemy też dzisiaj, że ~~polonium~~ jest potomkiem, produktem transformacji atomów radu, a rad znów jest zapewne potomkiem uranu. ~~W~~ Kolejnych stadiów transformacji, które chemicznie się zachowują jako pierwiastki, krótko mówiąc „pierwiastków promieniotwórczych”, znamy dzisiaj już 35.

Punktem wyjścia naszych rozważań była ~~ogólna kwestya~~ uzdolnienia umysłu kobiecego do nauk ścisłych. Starałem się dać obraz sprawiedliwy (działalności naukowej) ~~czymś~~ trzech kobiet uczonych; ~~chciałem~~ wystarczy to ~~najzupełniej~~ do zbitcia ~~ścisłego~~ przesądu, jakoby kobiety wogóle do pracy twórczej w zakresie tych nauk nie były zdolne. ~~Zupełnie~~ Zasług naukowych naszej rodaczki mogliby nawet pierwszorzędni uczeni ~~nie~~ poznać.

Tem dziwniejszem (się wydaje, czemu (to są) tylko rzadkie wyjątki, czemu do dziś dnia taka olbrzymia panuje dysproporcja

Sir

Sir E.

Nauki

↓ Sir E.

L tego poglądu

Lecz

Sprawa

Zdolne

Droga







naukę, ignorującym względy i obowiązki życia codziennego. Kobieta (zaś jest niewolnicą drobnych, codziennych obowiązków. Jeżeli (naukę uprawia, to zazwyczaj nie w zamiarze poświęcenia jej całego życia, tylko po dyletancku, w wolnych chwilach.

W sztuce, a zwłaszcza w literaturze, dyktantyzm nie jest żadną przeszkodą do osiągnięcia pierwszorzędnych wyników. ~~Przy-~~  
~~pomnę choćby ów niedawno odkryty talent literacki, ową Socur~~  
~~Marie, szwaczkę w Paryżu, która jako dziecko sierota owoś pała,~~  
~~a której utwory literackie dzisiaj członkowie Akademii Paryskiej~~  
~~wysławiają.~~ W nauce to niemożliwe, tam trzeba przechodzić dłu-  
gie lata ciężkiego systematycznego studjum, zanim marzyć wolno  
o pracy samodzielnej; a chcąc dojść do wyników poważniejszych,  
trzeba surową duszę (zaprzedać nauce całkowicie, tzn. nauce  
wprawdzie zawodowo. Potwierdzają to nawet szczegóły biogra-  
ficzne owych trzech kobiet, którei dzisiaj się szczegółowo zaj-  
mowaliśmy. Dzisiaj wprowadzie zawody „uczone” są w znacznej  
części dla kobiet otwarte (i byłyby już czas ~~na to~~, żeby znikły  
~~wogóle~~ jakiegokolwiek <sup>tu</sup> ~~pod~~ tym względem <sup>zic</sup> ograniczenia) — także  
czynności domowe z postępem kultury coraz mniej będą absorbo-  
wały sił kobiecych — jednak chyba zawsze znaczna część kobiet  
będzie zajęta tym zawodem, jak powiada J. St. Mill, „w którym  
~~inaczej~~ mężczyzna /jej konkurencyj/ robić nie potrafi“.

Wreszcie, jeżeli chodzi o <sup>8</sup>owe / <sup>ach</sup>kobiety, które mają upodobanie do nauki i które jej całkowicie się poświęcają, to przecież nie <sup>u</sup>odlega ~~chyba~~ wątpliwości, że mężczyźni zazwyczaj ~~on~~ odznaczają <sup>u</sup>większą inicjatywę i samodzielnością. ~~Sądząc~~ <sup>u</sup>Jest to raczej właściwość ~~ich~~ charakteru niż umysłu; ~~ale~~ <sup>u</sup>ale ~~ich~~ właściwość ta istnieje i odgrywa rolę nadzwyczajnie ~~ważną~~ <sup>u</sup>ważną w samodzielnej twórczości naukowej. Składają się na nią różne cechy ~~podstawowe~~ <sup>u</sup>główne: pewna awanturniczność, odwaga w wypowiedaniu ~~swojego~~ <sup>u</sup>zdania, upór i zaufanie do siebie samego, pewne zaciętrzewienie w swych przedsięwzięciach — wogóle ~~te~~ <sup>u</sup>cechy charakteru, które obserwujemy u chłopców bijących się na ulicy. One były źródłem powołania Kolumba i one też dają natchnienie uczonym badaczom do odkrywania ~~nowych~~ <sup>u</sup>nowych dróg badania naukowego; one są źródłem tego, co nazywamy genialnością.

Spodziewajmy się jednak, iż kobiety, tych rysów charak-  
 teru nie przywoła. Wogóle nie wydaje się to prawdopodobnem,  
 żeby ~~zawrócić~~ na polu twórczości naukowej mogła zapanować

Ttrudnego

Lecz

Wiskroon

↑ Zawsze.

✓ ggy mow 0

2 bieżym czasu

[sic] przecież

równość zupełna, ~~choć jak na wielu innych polach~~, choć dysproporcja obecna niewątpliwie z czasem zmaleje. ~~Wśród~~ i Kobiety ~~nie~~ odznaczają [pewnymi zaletami specjalnymi]; ~~jak~~ drobiazgową sumiennością i mrówczą pilnością pracy, które powinny im dawać wybitne uzdolnienie w kierunku ~~ciężkich jak m. p. chemja~~, gdzie ~~chodzi o~~ systematyczne, mozolne poszukiwania doświadczalne. WA 2m9

rolę grają

~~Są one na jedną rzecz się zgodziny, że~~ Kobietom, które wstępują na drogę naukową, ~~abyt dużo ich nigdy nie było~~ powinno się ułatwiać ich powołanie; ~~one~~ powinny nareszcie ~~zniknąć~~ wszelkie zewnętrzne przeszkody, owe śmieszne przesady, owe przestarzałe poglądy, które (kobietom) zamykają dostęp do niektórych instytucji naukowych, które im utrudniają kształcenie się, pracę naukową, dostęp do katedr uniwersyteckich.)

(Niech tu (jak na każdym innem polu) panuje zasada wolnej konkurencji. Oby ta konkurencja była jak najżywsza.)

nie spoc

## XV. Organizacja i działalność zakładów fizycznych

Nauka Polska; jej potrzeby, organizacja i rozwój. Rocznik  
Kasy Pomocy dla Osób pracujących na polu naukowym,  
im. Dra Józefa Mianowskiego. Tom pierwszy, Warszawa 1918;  
str. 19 - 25 <sup>1)</sup>

### ~~O POTRZEBACH NAUKOWYCH W ZAKRESIE FIZYKI.~~

#### ~~POLSKIE ZAKŁADY FIZYCZNE.~~

##### ~~UWAGI OGÓLNE.~~

~~Zanim przystąpię do szczegółowego omawiania istniejących w Polsce zakładów fizycznych, chciałbym podać pewne ogólne uwagi o organizacji i działalności tego rodzaju zakładów, jako wynik doświadczeń własnych <sup>1)</sup> oraz spostrzeżeń, poczynionych przez innych pracowników naukowych (np. Schuster: „22 years of scientific Progress”; Thomson: „History of the Cavendish Laboratory”).~~

~~Analizując działalność zakładów fizycznych, związanych z wyższymi instytucjami szkolnymi lub naukowymi, dochodzimy do wniosku, że mogą one spełniać na ogół cztery różne funkcje:~~

~~A. Służą do przygotowywania i wykonywania doświadczeń „pokazowych” przy wykładach t. zw. „fizyki doświadczalnej.” Do tego celu potrzeba odpowiedniego urządzenia sali wykładowej oraz pokaznego zbioru przyrządów „demonstracyjnych,” t. j. takich, które dane zjawisko fizyczne jak najlepiej uprząstępniają obserwacji słuchaczy, nie nadają się jednak na ogół do wykonywania pomiarów ilościowych.~~

~~<sup>1)</sup> Rozmawiałem głośno, pracując w nich przez dłuższy okres czasu, siedem zakładów fizycznych (dwa w Polsce, dwa w Anglii, po jednym w Austrii, Niemczech, Francji); prócz tego znam kilkanaście zakładów innych, na podstawie obserwacji przy wielokrotnym ich zwiedzaniu.~~

~~1)~~  
1) [Wyjętek z artykułu „O potrzebach naukowych w zakresie fizyki”, opracowanego przez Smoluchowskiego w tomie I Nauki Polskiej; pragm. wyd.]



M. SMOLUCHOWSKI.

↓ *bardziej*

Niektórzy prelegenci (np. prof. Lehmann w Karlsruhe, Lecher w Wiedniu), wykładając fizykę doświadczalną, usiłują wywołać wrażenie produkcji teatralnej rozmiarami przyrządów, wspaniałością efektów świetlnych, długością i hukiem iskier elektrycznych i t. p. i w okazałości tych doświadczeń szukają sławy; gdy tymczasem inni (do tej liczby należał prof. A. Witkowski) są zdania, że ~~więcej~~ pouczające są doświadczenia proste a przejrzyste i pewną ambicję pokładają w ~~tem~~ właśnie, żeby sobie radzić środkami najpierwotniejszymi. W każdym razie wymagania co do okazałości doświadczeń pokazowych (na ogół bardzo) wzrosły w ostatnich dziesiątkach lat i przyznać trzeba, że względy rzeczowe zmuszają do stosowania potężniejszych i efektowniejszych środków pokazowych w dzisiejszych wielkich audytorjach uniwersyteckich, choćby się było zwolennikiem prostych metod przy nauczaniu indywidualnem. Odpowiednio obfitsze wyposażenie nowoczesnego „gabinetu fizycznego” wymaga oczywiście okazałych zasobów materialnych.

B. Za drugie główne zadanie pracowni fizycznej uważa się dzisiaj ~~w~~ ćwiczenie studentów w pracy eksperymentalnej: kursy „ćwiczeń w pracowni fizycznej” tworzą wszędzie niezbędny składnik nauki uniwersyteckiej. Ruch ten wyszedł z Niemiec (z pracowni Magnusa w Berlinie), przeniósł się do Anglii (Cavendish Laboratory w Cambridge), gdzie ogarnął w wyższej jeszcze mierze szkoły średnie i, tak wzmocniony, naodwrot wywołał odpowiednie reformy w szkolnictwie średnim na kontynencie. Ćwiczenia uniwersyteckie polegają przeważnie na wykonywaniu pomiarów ilościowych, o średnim stopniu precyzji, w zakresie różnych działów fizyki; wymagają zatem specjalnego wyposażenia w proste, i solidne przyrządy miernicze. Prowadzenie tych ćwiczeń pochłania stosunkowo dużo czasu i pracy pomocniczego personelu zakładu (kierownika, asystentów, demonstratorów), ze względu na konieczność indywidualnego nadzoru i osobistego nauczania studentów, koszty zaś zależą głównie od liczby biorących udział w ćwiczeniach.

Do tego samego rodzaju należą zaprowadzane obecnie częściej na różnych uniwersytetach ćwiczenia warsztatowe i ćwiczenia „pokazowe” dla przyszłych nauczycieli.

Gdy wspomniane dwa rodzaje czynności noszą cechę wyłącznie dydaktyczną, następny punkt programu, stanowiący najwyższy szczebel nauczania uniwersyteckiego, tworzy przejście do czwartej grupy, którą w dalszym ciągu omówimy, t. j. do właściwej działalności naukowej zakładów fizycznych. Jest to:

C. Przyuczanie do samodzielnej pracy naukowej (na polu fizyki doświadczalnej) zdolniejszych pracowników, którzy zdobyli odpowiednie wykształcenie teoretyczne i przerobili całkowity kurs ćwiczeń praktycznych, a pragną wyższego wykształcenia naukowego.)

(Na uniwersytetach niemieckich, które na ogół żyją w tym kierunku rozwijają czynność, nazywa się to: wypracowaniem dysertacji doktorskiej. Inicjatywa w tym kierunku wychodzi zwykle od młodego pracownika, który, wiedziony emulacją i szlachetną ambicją naukową, pragnie zdobyć stopień doktorski i zwraca się do profesora z prośbą o podanie tematu pracy. Idzie o to, żeby wynaleźć temat, nieopracowany jeszcze, o którym powiedzieć można z pewnością, że opracowanie jego będzie stosunkowo łatwe, dostępne naukowym i technicznym zdolnościom pracownika, nie będzie wymagało ani zbyt dużego nakładu pracy i czasu, ani kosztownych specjalnych przyrządów, a przecież będzie pouczające; i przede wszystkim, że pozwoli osiągnąć wyniki nowe, niepozbawione wartości naukowej.

Zazwyczaj do każdej takiej pracy potrzeba sprowadzenia jakichś przyborów nowych, materiałów chemicznych i t. p.; często trzeba konstruować specjalne nowe instrumenty, tak, że koszty jednego „doktoranta” bywają znacznie większe, niż dziesięciu „praktykantów.” Prace te pochłaniają też w wielo wyższym stopniu czas i siły kierownika pracowni; ~~gdzie~~ prawie każde takie badanie na terenie nowym następcza rozmaite trudności nieprzewidziane; \* wówczas pracownicy ze zdziwieniem spostrzegają, jak wielki jest krok od „ćwiczeń” do najskromniejszej ~~choćby~~, samodzielnej pracy naukowej. Ciągła kontrola tych prac doktorskich jest niemal głównym zajęciem kierowników pewnych większych zakładów uniwersyteckich, zwłaszcza, że w tym oni nie mogą (jak w „practicum”) wyłączać się pomocą asystentów.

Zresztą nie odnosi się to bynajmniej do wszystkich zakładów fizycznych. W przeciwstawieniu bowiem do wymienionych poprzednio czynności dydaktycznych, które odbywają się według ustalo-

nych reguł, z używaniem licznych podręczników pomocniczych, przyuczanie młodych sił do pracy naukowej zależy tak dalece od psychicznej indywidualności kierownika zakładu (a także od życiowych stosunków uczniów), że niektóre zakłady odznaczają się jak największą wydajnością, inne zaś zupełnie są jałowe. Panuje pod tym względem największa różnorodność i niepodobna podać ~~jakichś~~ reguł ogólnych.

To rzecz pewna, że nie potrafi zachęcić do samodzielnej pracy, nie umie wyszukiwać tematu odpowiedniego, nie potrafi przyuczyć do pokonywania nasuwających się zawsze trudności ten, kto sam nie pracował w sposób twórczy na polu naukowym, lub kto zatracił żywą styczność z postępem nauki.

↓ jednak

(Tłumaczy to bezczynność wielu zakładów w kierunku wymienionym. Oprócz tego ~~zauważyć~~ trzeba ~~z drugiej strony~~, że nie każdy, choćby najwybitniejszy, pracownik naukowy umie i chce działać w tym kierunku, „tworząc szkołę“ młodych adeptów nauki. Można wymienić ~~coś~~ szereg najwybitniejszych uczonych (np. lord Kelvin, lord Rayleigh, Stefan, Boltzmann, Lippmann, później także Röntgen, Wien), którzy żadnych ~~z swych~~ uczniów nie wykształcili na pracowników naukowych, albo którzy rozwijali nader słabą w tym kierunku działalność. Z drugiej znowu strony, przytoczyć można profesorów, których główna zasługa polega właśnie na kształceniu ~~takich~~ młodych pracowników naukowych i którzy zasłynęli, jako inspiratorowie dysertacji doktorskich (np. Warburg w Berlinie, Heydweiller w Rostocku, Exner w Wiedniu, Lummer we Wrocławiu, Dorn w Halli) ~~i t. p.~~)

D. Dowodzi to wszystko, że ta dydaktyka naukowa wyższego poziomu tworzy specjalną gałąź czynności zakładów fizycznych, w której celują niektórzy kierownicy, że natomiast właściwa praca naukowa badawcza — do której obecnie przechodzimy — jest czymś zupełnie odrębną; często nawet występuje pewna jej sprzeczność z ~~owymi~~ zadaniami dydaktycznymi (A, B, C), gdyż personel zakładu może się jej oddawać tylko w chwilach wolnych od owych zajęć oraz od czynności administracyjnych.)

(Rozumie się, że wyłącznie badania naukowe stanowią o charakterze danego zakładu, jako instytucji naukowej, gdy tymczasem



wszystkie czynności, przedtem omawiane, należą do zakresu niższej lub wyższej dydaktyki uniwersyteckiej. ~~Też~~ Owe badania, ~~które~~ decydują o postępie wiedzy ~~które~~ charakteryzują rolę, odegraną przez dany naród w historii nauki.

Badania tego rodzaju wymagają oczywiście na ogół bez porównania większych zasobów materialnych i większego nakładu środków, niż prace typu (C); ~~gdy~~ kierownik musi wyteńczyć wszelkie siły, użyć wszelkich sposobów techniki eksperymentalnej, aby badaniami swemi rozwiązać dane zagadnienie, gdy w pracach rodzaju (C) wystarczy osiągnięcie jakichkolwiek wyników nowych i naukowo interesujących. Kosztowność ich wzrasta jeszcze niepomniernie, jeżeli nie są one ~~centralizowane~~ w kierunku pewnego zagadnienia, gdyż wymagają wówczas różnorodnych urządzeń i przyrządów.)

(Względ ten, jak również psychiczne właściwości uczonych, składających się w dzisiejszych czasach ku coraz ściślejszej specjalizacji, są też powodem, że każda pracownia naukowa poświęcona jest zazwyczaj badaniom w jednej albo wyjątkowo w kilku wyraźnie ograniczonych gałęziach zagadnień naukowych <sup>1)</sup>.)

(Tak np. słynna pracownia frygoryficzna Kamerlingh Onnesa w Leydzie posiada jedyny w swoim rodzaju warsztat do badań w zakresie niskich temperatur. Pracownie radiologiczne Rutherforda w Manchesterze, pani Skłodowskiej-Curie w Paryżu, Zakład radiologiczny w Wiedniu zajmują się niemal wyłącznie badaniami w zakresie radiologii. Pracownie Paschena w Tybindze, Kaysera w Bonn uprawiają spektroskopję, pracownia profesora Du Bois w Berlinie (Boscha Laboratorium) jest instytucją, poświęconą wyłącznie badaniom magnetycznym i t. d.

Zależy to zresztą od rodzaju badań, od <sup>2</sup>zmysłu organizatorskiego kierownika oraz od różnych okoliczności natury praktycznej, czy kierownik podejmuje swoje poszukiwania sam, czy też prowadzi je z ~~więcej~~ <sup>1</sup>lub mniej licznym udziałem asystentów, albo samodzielnych

6 *bardziej*

<sup>1)</sup> Zakłady ~~z~~ typu (C) uprawiają zwykle dziedziny bardzo różnorodne, co w celach dydaktycznych jest niewątpliwie korzystniejsze, gdyż pracownikom daje możliwość zapoznawania się z metodami naukowymi, stosowanymi na różnych polach nauki.

niekiedy  
↓ działalności  
↳ zatem

współpracowników, nadając całemu badaniu jednolity kierunek, czy wreszcie czynność zakładu rozpada się na oddzielne, niepowiązane między sobą badania pojedynczych pracowników. Tak np. Rubens w Berlinie, Röntgen w Monachjum, wykonywają swe badania sami, albo ~~czasem~~ przy współudziale drugiego, młodszego badacza. Inni, jak J. J. Thomson, Rutherford, Kamerlingh Onnes, jednoczą większą liczbę samodzielnych, ale różnemi drogami postępujących pracowników w badaniach większego działu.)

(Organizacja taka przypomina często kierowanie pracami doktor-  
skimi (punkt C); ~~ale~~ różnica charakterystyczna polega na tym, że ce-  
lem ~~nie~~ jest przyuczanie danych osobników do pracy samodzielnej,  
lecz zbadanie danego zagadnienia abstrakcyjnego, przy pomocy sił zu-  
pełnie wyszkolonych; ~~a zetym dane~~ badania organizują się ~~wyłącznie~~  
z punktu widzenia korzyści naukowej.

Istnieją oczywiście także stadja pośrednie między czynnościami  
rodzaju (C) i (D). W pewnych badaniach, zwłaszcza takich, które  
wymagają raczej dużego nakładu pracy i czasu, niż wielkiego do-  
świadczenia eksperymentalnego i samodzielnej zaradności, zręczny or-  
ganizator potrafi skorzystać z pomocy początkujących pracowników  
(stadjum C), kierując ich pracą w celu zgłębienia tego problemu;  
którym sam się zajmuje, ograniczając nawet do skromnych rozmia-  
rów swój udział bezpośredni <sup>1)</sup>.)

(Jest to „warsztatowo-fabryczna” metoda podziału pracy, stosowa-  
na zwykle w badaniach chemicznych; w zakresie fizyki, natomiast  
rzadziej zdarza się sposobność ku jej używaniu, gdyż tu <sup>o</sup>wiele wybit-  
niej występują indywidualne cechy każdego badania. Dla tego w tej  
dziedzinie tak często odczuwać się daje sprzeczność między nauko-  
wą a dydaktyczną czynnością kierownika.

Kierownikowi zakładu, oddającemu się gorliwie pracy dydaktycz-  
nej, kierującemu pracami kilkunastu „doktorantów,” nie starczy ani  
czasu wolnego, ani sił, aby mógł poświęcać się głównemu zadaniu,

<sup>1)</sup> Np. prace Heydweillera (w Rostocku) nad elektrolitami, prace w za-  
kładzie Dorna (Halla) nad lepkością i przewodnictwem cieplnym różnych gazów,  
prace w zakładzie Lenarda nad elektrycznością wodospadów, badania współpracow-  
ników Perrina w Paryżu nad ruchami Browna i pokrewnymi zjawiskami i t. p.

M. SMOLUCHOWSKI.

ku któremu przez swe zdolności jest powołany<sup>1)</sup> własnej pracy naukowej. Jeżeli zaś ostatnią uważa za swój pierwszy obowiązek, zmuszony jest zaniedbywać ~~zupełnie~~ stronę dydaktyczną.

Dla tego tak ważne dla postępu nauki jest tworzenie zakładów niezwiązanych z żadnymi szkołami wyższymi, poświęconych wyłącznie badaniom, ~~(Forschungsinstitut)~~ bez ubocznych celów dydaktycznych. Zakłady takie oddawna istnieją w zakresie astronomii, meteorologii, geofizyki, w fizyce zaś są one stosunkowo nowością. Wybitną inicjatywę w kierunku tych dążeń dało stworzenie „Kaiser Wilhelm Forschungs-Institut” w Dahlem pod Berlinem, który urzeczywistniać ma właśnie program powyżej nakreślony, dotychczas jednak programem tym obejmuje tylko pewne dziedziny (chciemę fizyczną) z pomiędzy tych, które wchodzą w zakres fizyki ogólnej. W innych dziedzinach analogiczną działalność rozwijają ~~jednak~~ już od szeregu lat oddziały naukowe państwowych instytucji ~~w rodzaju~~: Physikalisch-Technische Reichsanstalt w Berlinie, Bureau des Poids et Mesures w Paryżu, National Physical Laboratory w Teddington pod Londynem i Bureau of Standards w Waszyngtonie. Odegrały one już wybitną rolę w nauce; ~~z~~ niewątpliwie stałyby jeszcze bezporównania wyżej, gdyby przy zakładaniu ich pamiętano o niezaprzeczanej prawdzie, że działalność takiej instytucji zależy przede wszystkim od zdolności pracowników, ~~\*\*\*~~ w drugim rzędzie dopiero od urządzenia pracowni; czyli że: naukę tworzy człowiek, nie zaś zakład.

*tylko  
dotąd*

DZIAŁALNOŚĆ POLSKICH ZAKŁADÓW FIZYCZNYCH.

Przejdźmy do roztrząsania dotychczasowej działalności polskich zakładów fizycznych, mając wciąż na uwadze wymienione cztery gałęzie czynności — które dla skrócenia oznaczać będziemy literami A, B, C, D — postępując w tym według kolei rozwoju naszych ognisk twórczości naukowej.

KRAKÓW.

1) Zakład fizyczny Uniwersytetu Jagiellońskiego jest do dziś dnia z pewnością najważniejszą naszą instytucją na tym



polu. Pochodząc w swych początkach z czasów reformy Kołłątajowskiej, od roku 1813 pomieszczony w części obszernego „Collegium physicum“ (ul. Św. Anny 6), stał za czasów profesorów R. Markiewicza (1813—1838) i St. Kuczyńskiego (1839—1882) na poziomie „gabinetu fizycznego,“ gdyż służył tylko za zbiór przyrządów do doświadczeń pokazowych (A).

Dopiero Z. Wróblewski, gienjalny uczoney i sprężysty organizator, wyszkolony w zakładach zagranicznych, zrozumiał, jakie zadania spełniać powinien nowoczesny zakład naukowy, i przekształcił ów gabinet w czynną pracownię naukową (D), któraby była niewątpliwie wysunęła się na bardzo wybitne miejsce wśród zakładów europejskich, gdyby działalność tego świetnego uczonego i energicznego organizatora nie skończyła się tak rychło (katastrofa laboratoryjna w r. 1886).

Kierunek, który Wróblewski jej wówczas nadał słynnemi swemi badaniami nad skraplaniem gazów (rozpoczętemi pierwotnie wspólnie z Olszewskim w Zakładzie chemicznym) zachował swój wpływ przez następny trzydziestoletni okres, mimo że działalność Wróblewskiego była tak krótka: następca jego A. Witkowski, ze względu na świetną tradycję oraz na dane zasoby materialne, wszedł w ślady swego poprzednika i oddał się również pracy naukowej w dziedzinie termodynamicznych własności gazów.

Witkowski, umysł również bardzo wybitny, ale o typie odmiennym [„klasycznym“ według Ostwalda], skłonny raczej do cierpliwego wypracowywania specjalnego tematu, niż do szybkiego ogarniania rozległych dziedzin, wstawił siebie i Zakład swój klasycznemi swemi badaniami nad ściśliwością powietrza i wodoru oraz nad prędkością głosu i nad ciepłem właściwym powietrza. Jakkolwiek świetnym był nauczycielem, mało dbał o okazałość pokazów doświadczalnych (A), jak i osobiście odznaczał się prostotą cichego życia i skromnością wymagań. Ćwiczenia laboratoryjne (B) rozwinął natomiast w sposób zupełnie odpowiedni i umiał też kierować pracami doktorskiemi (C) młodych pracowników, jak tego dowodzi szereg stąd pochodzących rozpraw z różnych dziedzin fizyki, ogłaszanych w wydawnictwach Akademii Krakowskiej. Że liczba prac, które wyszły w ciągu tego prawie trzydziestoletniego okresu, mimo wysokiego naukowego poziomu kierownika Zakładu, nie jest jeszcze większa, pocho-

dzi to zapewne w znacznej mierze z ubóstwa materialnego dawnego Zakładu, braku miejsca i prymitywności urządzeń — wszak nie było tam nawet wodociągu, a gdy studnia w dziedzińcu się zawaliła, trzeba było wodę z pewnej odległości przynosić konewkami!

Wreszcie stosunki te nie dały się dłużej utrzymać. Według planów prof. Witkowskiego wybudowano nowy Zakład fizyczny, budynki z zewnątrz okazały i także wewnątrz odpowiednio pomyślany; wyznać trzeba jednak, że urządzenie wewnętrzne — poczęści wskutek zbyt niskiej skromności pierwotnych kosztorysów oraz szczupłości rządowego uposażenia, poczęści zaś wskutek choroby prof. Witkowskiego, uniemożliwiającej mu osobistą kontrolę — pozostało daleko w tyle po za tym, czego wymagać trzeba od nowoczesnego zakładu naukowego. Wystarczy podanie dwóch liczb dla scharakteryzowania rażącej dysproporcji między budynkiem a naukowym warsztatem w nim pomieszczonym: koszty budynku i instalacji wyniosły około 700,000 k.; jednorazowa dotacja na wyposażenie Zakładu w nowe przyrządy naukowe: 12,500 k. (płatne w pięciu rocznych ratach!).

Gdy po śmierci prof. Witkowskiego w roku 1913 prof. M. Smoluchowski objął Zakład fizyczny, rozpoczął przede wszystkim starania o zdobycie dalszych nadzwyczajnych dotacji naukowych oraz o wykończenie różnych szczegółów urządzenia wewnętrznego, niestety, z niewielkim powodzeniem, gdyż wojna przerwała wszystko, zamieniając cały Zakład w szpital wojskowy. Wojna przerwała też prace naukowe w kierunku różnych zagadnień fizyki doświadczalnej, rozpoczęte przez personel Zakładu (dyrektor, dwóch asystentów, dwóch demonstratorów) oraz młodych początkujących pracowników — których liczba podczas roku 1913/14 wzrosła do 10 — i powstrzymała tak na szereg lat owocny rozwój nowego Zakładu. Dzisiaj tylko kierownik i kilku starszych pracowników jest czynnych i to wśród warunków nader uciążliwych, w ciasnych nieodpowiednich lokalach, do których przeniesiono prowizorycznie część Zakładu.

W przyszłości, gdy po usunięciu szpitala wojskowego, Zakład zostanie przywrócony swemu celowi, okaże się potrzeba znacznych inwestycji na naprawę szkód, wyrządzonych przez wojsko, na uzupełnienie wewnętrznego urządzenia, a zwłaszcza na uzupełnienia w dziale przyrządów o charakterze pokazowym i dydaktycznym, które

są niezbędne ze względu na konieczność reformy i rozszerzenia dotychczasowego programu dydaktycznego (działy A, B). Wobec tego obawiać się trzeba upośledzenia działalności czysto naukowej (D) oraz naukowo-dydaktycznej (C) Zakładu, z powodu braku środków materialnych, o ile nie znajdą się obfitsze źródła po za dotacją rządową.

Kierunek naukowych badań Zakładu zmienił się w ostatnich latach. Badania nad skraplaniem gazów, nie będące zresztą już dzisiaj tak aktualne, jak przed laty 30, oraz badania nad termodynamicznymi właściwościami gazów, tworzą obecnie specjalność słynnego frygoryficznego laboratorium Kamerlingh Onnesa w Leydzie, a oprócz niego i inne zakłady tak dalece wyprzedziły naszą pracownię odpowiednim wyposażeniem materialnym i urządzeniami dla badań w zakresie niskich temperatur, że współzawodnictwo na tym polu, wymagającym znacznych zasobów, stało się dla nas niemożliwe. To też już Witkowski rozpoczął przygotowania do badań w innym kierunku (absorbencji promieniowania w atmosferze), które, jeżeli dalej będą prowadzone, również będą wymagały jeszcze znacznego nakładu środków, w zamian mogą jednak dostarczać pożądanego tematu pracy na szereg lat.

Kierunek badań, któremu prof. Smoluchowski, głównie się oddaje, dotyczy aktualnego dzisiaj w nauce tematu: zjawisk drobinowych w rodzaju ruchów Browna, fluktuacji drobinowych, opalescencji gazów i t. p. Temat ten obejmuje z jednej strony także owe badania zamierzone przez Witkowskiego — i na tym polu prof. Smoluchowski otrzymał już bardzo obiecujące wyniki własną, prostą metodą eksperymentalną — z drugiej strony łączy się ściśle z modną i szybko dzisiaj rozwijającą się fizyką i chemją koloidów<sup>1)</sup>. W ostatniej dziedzinie Zakład zyskał pracownika-specjalistę w osobie d-ra A. Gałęckiego, który i w czasie wojny dalej prowadzi swoje badania, zachęcając do nich także siły młodsze.

Niezależnie od tego głównego kierunku prowadzono w ostatnich latach badania optyczne (prof. d-r Konstanty Zakrzewski, d-r St. Loria, Fabiani, d-r J. Patkowski), a oprócz tego opracowywano rozmaite tematy, mające służyć do dysertacji doktor-

<sup>1)</sup> Np. teoria koagulacji koloidów, rozwinięta przez prof. Smoluchowskiego.



M. SMOLUCHOWSKI.

skich; tymczasem dwaj asystenci (d-r Loria, d-r Patkowski) wykształcili się specjalnie w kierunku radjologii i pierwszy z nich obecnie zajmuje się też badaniami pokrewnymi; demonstrator zaś d-r W. Staszewski opracowuje temat z zakresu mało jeszcze znanych zjawisk endosmozy elektrycznej.

LWÓW.

2) Zakład fizyczny Uniwersytetu lwowskiego pozostaje pod kierownictwem prof. Ignacego Zakrzewskiego, który stworzył go przed dwudziestu kilku laty z użyciem dawnych zbiorów gabinetu katedry fizyki, w osobną ku temu celowi wystawionym budynku przy ulicy Długosza 8.

Dotychczasowa działalność Zakładu uwzględnia przedewszystkim zadania dydaktyczne (A, B), i pod tym względem zarówno urządzenie, jak i prowadzenie zakładu jest wzorowe. Natomiast czynność jego na polu badań naukowych była dotychczas dosyć skromna: wykonane zostały od czasu założenia cztery prace doświadczalne przez ówczesnego profesora fizyki teoretycznej M. Smoluchowskiego<sup>1)</sup> oraz trzy prace przez docenta fizyki d-ra J. Stocka<sup>2)</sup>. Po przejściu prof. Smoluchowskiego do Krakowa, na jego miejsce wszedł prof. Konstanty Zakrzewski, który poprzednio w Krakowie zajmował się badaniami z zakresu optyki metali. Zresztą oprócz kierownika prof. J. Zakrzewskiego pozostają pracownicy: d-r J. Stock (chwilowo w niewoli rosyjskiej) i asystent d-r R. Negrusz, zajęty pracą z zakresu fizyki wysokich ciśnień. Stwierdzić trzeba w każdym razie, że urządzenia Zakładu nadają się doskonale do pracy naukowej, a także środki materialne starczyłyby dla znaczniejszej liczby pracowników naukowych.

3. Zakład fizyczny Politechniki lwowskiej dzieli się na:

a) Pracownię fizyczną prof. Kazimierza Olearskiego,

<sup>1)</sup> Tematy prac: tworzenie się strug przy wypływie cieczy, fałdowanie się płyt sprężystych, badania przewodnictwa cieplnego proszków.

<sup>2)</sup> Z zakresu endosmozy elektrycznej.

służącą wyłącznie do celów pokazowo-dydaktycznych przy wykładach dla studentów inżynierji i architektury oraz

b) Pracownię fizyczną prof. Tadeusza Godlewskiego, która posiada zbiór przyrządów (muzeum), wspólny z poprzednią, ale pobiera osobną dotację i spełnia osobne zadania dydaktyczne przy wykładach dla słuchaczy budowy maszyn i chemji oraz przy ćwiczeniach fizycznych, które dla tej kategorii słuchaczy zostały wprowadzone.

Zwracamy uwagę na działalność Zakładu prof. Godlewskiego, gdyż jest to jedna z niewielu naszych pracowni, naukowo czynnych. Sam kierownik, wybitny specjalista na polu badań promieniotwórczości, urządził sobie swoją pracownię stosownie do tego kierunku badań i zdołał tam już w ostatnich latach wykonać szereg cennych prac z zakresu radjologii, choć pracownia posiada uposażenie nader skromne w porównaniu z zakładami radjologicznymi w Warszawie, Wiedniu i t. p. Prowadzi on nadal swoje badania, a mógłby to czynić z większym jeszcze skutkiem, gdyby miał do dyspozycji obfitsze środki, gdyż obecnie zwłaszcza brak preparatów promieniotwórczych i t. p. stanowi w nich często wielką przeszkodę.

WARSZAWA. <sup>1)</sup>

4. Zakład fizyczny w Politechnice Warszawskiej, urządzony niegdyś przez prof. W. Biernackiego w sposób bardzo wykwinny, a służący w ostatnich czasach celom politechniki i uniwersytetu, jest z pewnością największym i najobficiej wyposażonym zakładem fizycznym na ziemiach polskich. Dzięki swym urządzeniom mógłby on tworzyć poważne ognisko pracy naukowej, brak odpowiedniej tradycji oraz stosunki lokalne są jednak powodem, że działalność jego rozwija się tylko w kierunku dydaktycznym. Personel Zakładu jest olbrzymi: oprócz kierowników, prof. Józefa Kowalskiego (który poprzednio we Fryburgu zajmował się badaniami z zakresu rozbrojeń elektryczności oraz zjawisk fosforescencji) i prof. M. Grotowskiego, jest podobno przeszło 10 asystentów, ale wszystkich zajmuje wyłącznie

---

<sup>1)</sup> Winienem zaznaczyć, że nie miałem sposobności poznać osobiście stosunków w zakładach fizycznych warszawskich, więc zdanie moje o nich z mniejszą wygłaszam pewnością.

KILKA UWAG  
O ANALOGIACH FIZYCZNYCH,  
ZWŁASZCZA W TEORYACH PRĄDÓW ELEKTRYCZNYCH,  
CIEPLNYCH I DYFUZYI.

NAPISAŁ

MARYAN SMOLUCHOWSKI.

WARSZAWA  
WYDAWNICTWO REDAKCYI  
WIADOMOŚCI MATEMATYCZNYCH.

1918.



Osobne odbicie z tomu XXII-go  
„WIADOMOŚCI MATEMATYCZNYCH“.

Drukarnia Rubieszewskiego i Wrotnowskiego w Warszawie

Wiadomości Matematyczne, tom XXII,  
str. 167 - 176. Warszawa 1918,

~~MARJAN SWOJECZKOWSKI~~

XVI. Kilka uwag o analogjach fizycznych, zwłaszcza w teoriach  
prądów elektrycznych, <sup>prądów</sup> cieplnych i <sup>dyfuzji</sup> dyfuzji.  $\equiv$

Analogia stanowi charakterystyczną cechę powyższych teorii, którą one już od ~~samego swego~~ przyścia na świat od twórców swych otrzymały.

Najstarsza jest teoria przewodzenia ciepła, ogłoszona przez Fouriera w 1822 roku, w jego sławnym dziele Théorie Analytique de la Chaleur, a po części już poprzednio w pojedynczych rozprawach; ona bezwątpienia podała Ohmowi (1827) myśl przyjęcia podobnych założeń dla prądu elektrycznego, a już otwarcie służyła Fickowi (1855) przy wypracowywaniu teorii dyfuzji.

Analogia ta, która polega na wspólnym, zasadniczym założeniu, że prąd elektryczny lub ciepła, lub prąd materii przenikającej przez inną materię, jest proporcjonalny do spadku potencjału lub temperatury lub koncentracji, uwydatnia się zwłaszcza w obliczeniach, tyjących się stanu trwałego, które podlegają wspólnemu równaniu:

$$\Delta^2 U = 0.$$

← Równanie to napotykamy, coprawda, także często w innych dziedzinach fizyki; służy ono np. do <sup>2</sup>określenia <sup>1</sup>potencjału przed-

$\Delta$  grecka kurywa

blisko sobie

wyznaczenia

~~Artykuł napisany dla „Wiadomości Matematycznych” przez autora, który go drukował i nadstawił nadrukowi przez Paula Piotrowską Smo-~~  
~~luchowską (Przytł. Redakcja)~~

kości ruchów niewirowych cieczy idealnej, potencjału elektrostatycznego lub magnetycznego w polu statycznym i t. p.)

~~Wskazanie~~ Formalna ta analogia (często okazuje się) pożyteczna, nasuwając rozwiązania z jednej dziedziny, przydatne dla innej.

Analogie, występujące tak często w różnych dziedzinach fizyki teoretycznej, tworzą wdzięczny i (też dość) często użytkowany temat do badania. Dla badacza śledzenie ich jest znakomitą pomocą (pogłębienia logicznego) odpowiednich pojęć i wykończenia teorii zapomocą dostosowania wywodów, zapożyczonych z innych dziedzin fizyki; ~~a oprócz tego~~ jest ona też nieocenioną pomocą przy dydaktycznym traktowaniu przedmiotu.

(Z tego względu chciałbym wypowiedzieć tu kilka uwag, które, choć nie zawierają nowych rezultatów, ~~w~~przecież ~~nie~~ przydać się mogą do objaśnienia niektórych kwestyj, nasuwających się przy głębszem wniknięciu w przedmiot; ~~przypom~~ chodzi mi szczególnie o rozważenie dwóch punktów: logicznej i praktycznej doniosłości takich analogij.

I.

Klasycznym, już wyżej wspomnianym przykładem jest analogia zjawisk, polegających na równaniu potencjalnem

$$\Delta^2 U = 0,$$

odgrywającą ~~tu~~ ważną rolę we wszystkich niemal częściach fizyki. Tak np. wzór

$$U = c\alpha \left(1 + \frac{a^3}{2r^3}\right),$$

zadaje czyniący powyższemu równaniu, i pochodny <sup>2</sup>niego:

$$\frac{\partial U}{\partial x} = c \left(1 + \frac{a^3}{2r^3} - \frac{3x^2 a^3}{2r^5}\right)$$

wyrażają rozkład potencjału  $U$  w otoczeniu kuli o promieniu  $a$ , która znajduje się w polu  $U = c\alpha$  poprzednio równomiernem (jednostajnym); można (to równanie interpretować) na rozmaite sposoby. Przedstawia ono rozkład potencjału i linii prądu elektrycznego w otoczeniu kuli ~~wacze~~ nieprzewodzącej, zanurzonej do nieskoń-

LL  $a \text{ cap.}$



czenie rozległego przewodnika, jeżeli stała  $\sigma$  oznaczająca stosunek prądu do przewodnictwa niekończącego przewodnika.

Uważając  $U$  za temperaturę ciała, otrzymujemy odpowiedni przypadek z teorii przewodzenia <sup>nictwa</sup> ciepła; podstawiając na miejsce  $U$  koncentrację roztworu, otrzymujemy rozkład koncentracji, spowodowany przez dyfuzję w otoczeniu obcego ciała postaci kulistej. Je same równania przedstawiają także potencjał prędkości oraz kierunek i prędkość prądów cieczy w otoczeniu kuli zanurzonej w cieczy idealnej, niewirującej.)

(Podobny paralelizm między temi dziedzinami istnieje w każdym zadaniu tego rodzaju. Z takich analogij skorzystał np. Berget (1888), przenosząc zasadę W. Thomsona o brzozy ochronnej (w jego guard-ring electrometer) z Elektrostatyki do teorii przewodzenia ciepła, co ~~mo~~ umożliwiło wyznaczenie przewodnictwa cieplnego rtęci i kilku innych metali zapomocą metody interesującej i bardzo dokładnej.

Podobnie, ~~znów~~ sposób Christiansena <sup>wy</sup>znaczania wzajemnego stosunku przewodnictwa cieplnego w dwóch warstwach złych przewodników, albo O. Lodge'a metoda „pręta podzielnego“, stanowią nieznacznie zmienione modyfikacje metod, używanych do oznaczania przewodnictwa elektrycznego, tak, że każde ~~specyalne~~ rozwiązanie może znaleźć zastosowanie do wszystkich <sup>tych</sup> ~~owych~~ zjawisk. Zagadnienia dwuwymiarowe mają jeszcze ~~liczne~~ inne analogie, np. w rozmieszczeniu ciśnień i przesunięć po przekroju belek skręconych i przegiętych.

Wiadomo, że równanie różniczkowe  $\Delta^2 U = 0$  można zastąpić przez założenie „całkowe“, iż siły pochodzą od punktów grawitacyjnych, elektrycznych czy magnetycznych, działających według prawa zasadniczego  $\frac{1}{r^2}$ ; że tak samo w hydrodynamikę idealną można rozwinąć w założeniu, iż prąd cieczy pochodzi z istnienia pewnych źródeł (wypływów), powodujących prąd o prędkości

$\frac{1}{4\pi r^2}$  w odległości  $r$  od źródła jednostkowego.

Rozważając bliżej powyższe przykłady, spostrzegamy między niemi dość wyraźną różnicę: mianowicie trzy rodzaje przewodzenia lub przenikania (elektryczności, ciepła i materji dyfundującej) są

pierścienia

szczególne

$\frac{1}{r^2}$  a cap.

$\frac{1}{r^2}$

podobnie  
wyzwających

mianowicie że

czą się ~~z sobą~~ o wiele ściślejszą analogią, aniżeli z innemi przykładami. Istotnie zaznacza się w nich wspólność dwóch zasad podstawowych:

1) Substancjalizacja elektryczności, ciepła, materji; występuje ona w równaniu „niezniszczalności” lub ciągłości, według wzoru

$$-\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial(cu)}{\partial x} + \frac{\partial(cv)}{\partial y} + \frac{\partial(cw)}{\partial z},$$

wypowiadającego, że nadmiar ilości ciepła, substancji lub elektryczności (w pewnem przybliżeniu, zob. niżej), wpływających przez powierzchnię każdego elementu, ponad wypływające ilości, nie może zniknąć, lecz zostaje tam nagromadzony.

2) Założenie Fourirowskie proporcjonalności prądu do spadku temperatury, koncentracji i t. p.

Analogia ta nie jest cechą przypadkową; przeciwnie ona była poniekąd rodzicielką tych teoryj.

Wydaje się to zresztą zrozumiałe, jeżeli zapatrujemy się na te zjawiska, jako na równorzędne rodzaje rozpraszania energii, podlegające wspólnemu „prawu zanikania”.

Wspólność owych zasad jest przyczyną, że analogia pozostaje po części ważną ~~na~~ dla stanu zmiennego z czasem.

Istotnie, np., prawo, według którego temperatura zmienia się z czasem w punktach pręta, ~~mającego~~ początkowo jednostajną temperaturę 0, ~~4~~ w chwili  $t=0$  ograniczonej w jednym końcu do tempera- stury  $\theta_0$ :

$$\theta = \theta_0 \left[ 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\sqrt{kt}} e^{-y^2} dy \right],$$

$\frac{\theta}{\pi}$  gr. cm  
kierunek

jest identyczne ze wzorem ~~który podaje~~ na wzrost potencjału w długim kablu, którego koniec został połączony z baterją; ~~4~~ na tym samym wzorze także opiera się metoda, służąca do znaczania współczynnika dyfuzji z ilości substancji, która z naczynia napelnionego roztworem przeniknęła do wnętrza rurki, początkowo czy- sta woda napelnionej; metoda, zastosowana z małą odmianą przez Grahama, 4 później zwłaszcza przez Stefana.

1) [Por. pracę Lorda Kelvina *Five Applications of Fourier's Law of Diffusion* (Brit. Association Report for 1888), pre-drukowaną w *Mathematical and Physical Papers*, Vol. III., pp. 428-435, Cambridge University Press 1890, przez wyd.]

~~Co~~ <sup>Co</sup> najciekawsze, rozgałęzienia tych analogij sięgają nawet do teorii mechanizmów owych zjawisk i nawet do wartości współczynników. ~~Wszak~~ Przewodzenie elektryczne w elektrolitach uważamy za objaw dyfuzji jonów. ~~Teoria~~ <sup>Teoria</sup> gazów tłumaczy wewnętrzny mechanizm dyfuzji, oraz ~~przewodzenia~~ <sup>przewodzenia</sup> ciepła w gazach, w zupełnie analogiczny sposób.

*mechanizm*

Prawo Wiedemanna i Franza, wypowiadające proporcjonalność pomiędzy sobą współczynników przewodnictwa elektrycznego i cieplnego dla rozmaitych metali, ~~zawsze~~ wskazywać się zdaje wewnętrzne pokrewieństwo tych dwóch zjawisk, występujące także w tem, że ~~one~~ obadwa podlegają w podobny sposób wpływowi pola magnetycznego.

~~Istotnie~~ <sup>Istotnie</sup> (nowsza teoria elektronów stara się usilnie o wytłumaczenie pokrewieństwa tych ze sobą złączonych dziedzin na podstawie hipotezy dyfuzji elektronów.

Porównując w taki sposób owe trzy zjawiska z innemi (przedtem wspomnianemi) przykładami, możnaby pomyśleć o odróżnieniu ich, jako analogij istotnych lub rzeczywistych, t.j. polegających na głębszych przyczynach, od analogij natury czysto formalnej, wytworzonej przez przypadkowe podobieństwo wyводу matematycznego; rzeczywiście napotykamy u różnych autorów takie twierdzenia.)

241

(Do pierwszej kategorii należałoby, oprócz właśnie wymienionych, także np. pokrewieństwo zjawisk głosu do światła i drgań elektrycznych; do analogij formalnych ~~zawsze~~ np. wspomniane podobieństwo rozkładu prądu cieczy i potencjału w polu elektrostatycznym, podobieństwo linii łańcuchowej do promienia światła, przechodzącego przez ośrodek o strukturze warstwowanej; podobieństwo, które odnajdujemy ~~zawsze~~ w pewnym zadaniu dynamiki punktu materialnego (Thomson i Tait, Treatise on Natural Philosophy, Cz. II, § 581).

Mimo, że taki podział wydaje się bardzo naturalnym i w istocie rzeczy uzasadnionym, nie sądzę jednak, żeby on dał się utrzymać lub ~~wagóle tylko~~ konsekwentnie przeprowadzić, gdyż różnice gatunków analogij, przedstawione tu w kilku skrajnych przykładach, są przecież tylko stopniowe. Tak np. analogja omówionego przykładu ładowania kabla elektrycznego ze zmiennym rozkładem



temperatury pręta, ogrzanego na jednym końcu, zetrąca się zupełnie, gdy uwzględnimy ~~jeszcze~~ zjawiska indukcji elektromagnetycznej, odgrywające przeważną rolę w kablach krótkich o małym oporze, tj. gdy uzupełnimy obliczenie Kelvina w taki sposób, jak to Kirchhoff uczynił.

Ogólne równanie (stanu zmiennego) cieplnego

$$cp \frac{\partial \theta}{\partial t} = \kappa \Delta^2 \theta$$

(średnie)

nie ma wogóle analogji w elektryczności; ponieważ tam równania zasadnicze stanu zmiennego są o wiele bardziej skomplikowane i pojęcie potencjału skalarnego nie da się tam ogólnie zastosować. Wprawdzie ~~można~~ i ~~owe~~ równanie cieplne dozna kiedyś, <sup>być może</sup> poprawki przez uwzględnienie zjawisk bezwładności cieplnej, ale nie zdaje się, żeby to mogło nastąpić według równań Hertzsowskich.

Zresztą i w prostych przypadkach ustaje ta analogja, gdy uwydatnia się różnica ładunków powierzchniowych elektrycznych a przestrzennego rozmieszczenia ciepła. Znacznie ściślej jest analogja dyfuzji materji i ciepła, ale i ona upada przy rozszerzeniu rozważań na zjawiska termodynamiki, okazującej, że ciepło nie jest niezniszczalne, co dotychczas przyjmujemy za zasadniczą własność „materji“.

Oczywiście, gdyby analogja tych zjawisk była zupełna, nie bylibyśmy wcale utworzyli osobnych nazwisk do ich ~~oznaczania~~. (Obecnie ~~porzuciliśmy~~ naiwne pojęcie ciepła jako substancji ~~(substancji)~~ i uważamy je za rodzaj ruchu ~~drobinowego~~, ale czy to przypuszczenie nie polega także ostatecznie tylko na dostrzeżeniu pewnej analogji?)

(Jest ~~to~~ wogóle rzeczą niebezpieczną wierzyć w rzeczywistość hipotez fizycznych; ~~to~~ równie naiwnymi będą się może kiedyś wydawali ci, którzy wierzą jedynie w realny byt materji (w związku z niezmiennością masy) jak ci, którzy obecnie w podobny sposób ~~ubóstwiają~~ energję.)

W ~~związku~~ najbardziej wykończone teorie fizyki nie mają innego znaczenia jak tylko ~~to~~, że uwydatniają pewne analogje. Zjawiska elektryczne tak się odbywają, jak ~~gdyby~~ istniał pewien me-

$\theta$   
K grecka  
kursywa  
materia

↓ ponieważ

być może

Fi dyfuzji

7 cząstek-  
kowego; czy  
jednost

Twierdzenia

chanizm ukryty; właściwości gazów są analogiczne do właściwości zbioru cząsteczek poruszających się i t. p.)

(Ewolucja nauki odbywa się w ten sposób, że analogii prostszej, oczywiście, większą przypisujemy wagę, niż takiej, która ma bardziej ograniczony zakres ważności cech wspólnych; choć i ta często nie jest zupełnie bezużyteczna, podobnie jak i dziś w wielu przypadkach z korzyścią wyobrażamy sobie elektryczność lub ciepło pod postacią „fluidum”. Kto naiwnie wierzy w realność teoryj fizycznych, nie pojmuje, jak badacz może ten sam przedmiot traktować z punktów widzenia wręcz przeciwnych, jak to np. Helmholtz uczynił, wypracowując najprzód teorię mechaniczną absorpcji świetlnej, a później elektryczną; ~~sta~~ staje się to zupełnie zrozumiałe, jeżeli uważamy jedną i drugą i każdą teorię fizyczną tylko za analogję.)

(W tym sensie możnaby powiedzieć, że wszystkie analogie Fizyki są tylko analogjami formalnymi; ~~że~~ że na ~~wyszukaniu~~ szukaniu takich analogij polega wogóle zadanie Fizyki teoretycznej, przez co umożliwia się objęcie myślowe jaknajobszerniejszego zakresu zjawisk fizycznych.

## II

Dziwnem wydać się może, że, pomimo tak daleko idącej teoretycznej analogii, zjawiska trzech wyżej wspomnianych kategorii tak dalece różnią się w praktyce, że np. zwykłe metody mierze- nia często nie wiele mają cech wspólnych. Przyczyna tego faktu jest następująca: w praktyce, oprócz jakościowych praw, niezmiennie ważną rolę odgrywają współczynniki materiałów; w tym względzie zaś istnieją olbrzymie różnice. Największe są różnice współczynników elektrycznych różnych materiałów, najmniejsze różnice okazują współczynniki przewodnictwa cieplnego.)

(Jest to główna przyczyna nadzwyczajnej dokładności, z jaką wykonywać możemy pomiary elektryczne (np. oporu), i przyczyna niezwyklej łatwości, z jaką energia elektryczna przenosi się na dalekie odległości; jest to zatem główna też przyczyna wogóle praktycznej użyteczności tej formy energii. Co do pierwszego punktu, zważmy, że, mierząc opór dobrego przewodnika, np. drutu, możemy zupełnie pominąć od wpływ prądu elektrycznego przez boczną po-

[całkiem]

[ich]

[metalowego]

wierzchnię drutu i przez powietrze; mierząc opór złego przewodnika, (znów możemy) pominąć zupełnie opory elektrod, ~~przewodzących~~ <sup>doprowadzających</sup> elektryczność. Brak tak doskonałych izolatorów i tak doskonałych przewodników cieplnych utrudnia nadzwyczajnie odpowiednie pomiary cieplne; w tej okoliczności (szukać należy) głównej przyczyny faktu, że wiadomości nasze w zakresie przewodnictwa cieplnego są jeszcze tak niedostateczne. W rezultatach doświadczalnych, dotyczących się przewodnictwa cieplnego, istnieją też znaczne różnice, a nawet sprzeczności.

Dla porównania stopnia izolacji przewodów elektrycznych i cieplnych, wyobraźmy sobie nieskończenie długi drut miedziany, o promieniu 1 mm., izolowany 1 mm.-ową warstwą gutaperki, w jednym końcu utrzymany na stałym potencjale 100 V; spad jednego volta wskutek niedostateczności izolacji nastąpi, jak łatwo obliczyć według znanych danych, dopiero na odległości 5500 km; podczas gdy odpowiedni jednoprocentowy spad temperatury drutu, z jednego końca ogrzanego, nastąpiłby w odległości już tylko 3 cm od tego końca.)

(Nawet najlepsza izolacja cieplna, na sposób butelek Dewara, nie wiele poprawiłaby ten wynik; dlatego też nikomu na myśl nie przyszło rozsyłać do naszych mieszkań energię cieplną<sup>1)</sup> za pomocą przewodów cieplnych, t. j. drutów ogrzanych w stacji centralnej, jak to czynimy z elektrycznością.)

W doświadczeniach nad dyfuzją, izolacja<sup>2)</sup> zjawiska nie przedstawia żadnych trudności, ponieważ współczynniki przenikania ciał stałych są tak małe, że tylko w wyjątkowych przypadkach (jak dyfuzja Au i Pb, według Robertsa Austena) udało się wykazać istnienie w nich wogóle zjawiska dyfuzji.)

(Jest to rzeczą nadzwyczaj prawdopodobną, że wzajemne przenikanie się ciał stałych (przynajmniej do pewnego stopnia granicy rozpuszczalności) jest zjawiskiem zupełnie ogólnym, nie zaś ograniczonem do tego specjalnego przypadku, ale współczynniki odpo-

<sup>1)</sup> Używamy jedynie chyba wody, lub pary wodnej albo powietrza ogrzanego, rozsyłanego rurami, które zachowują przy transporcie (w ogrzewaniu centralnem) zawartość swoją cieplną przybliżenie niezmienną.

woda, para lub powietrze



wiednie są tak małe, że nie spostrzegamy nigdy, ażeby np. kawałek żelaza, leżąc na miedzi, wchłonił ~~jej~~ część w siebie; trwałość stanu ciał stałych zwykliśmy uważać za ~~samą~~ przez się zrozumiałą. Rzeczywiście, jedynie ~~w~~ <sup>7</sup> ~~wskutek~~ tego możliwe jest wytworzenie substancyj stosunkowo czystych, a zatem ~~te~~ wogóle rozwój Chemii jako nauki.

7 młki te-  
mu faktowi

Ta powolność nadzwyczajna jest po części wspólną cechą wszystkich zjawisk dyfuzyjnych, ona ~~głównie~~ ~~kondukcji~~ ~~nie~~ trudności odpowiednich badań ~~te~~ w gazach i w cieczach. Nie tylko ~~bowiem~~ czas trwania jednego doświadczenia musi być bardzo długi, ażeby ilości przenikające były dostatecznie wielkie, (do pomiaru wystarczające); ~~ale~~ ~~wskutek~~ tego trzeba też zazwyczaj ~~ogromnej~~ staranności, ażeby przeszkodzić powstawaniu prądów konwekcyjnych. Odnosi się to zwłaszcza do szerszych naczyni, gdzie drobna ~~nawet~~ <sup>jednostaj</sup>ność temperatury wystarcza ~~do~~ do wytworzenia prądów, ~~fałszujących~~ <sup>z</sup> ~~zupełnie~~ <sup>z</sup> ~~wynik~~ <sup>z</sup> doświadczenia; używając wąskich naczyń, zmniejszamy znów w tym samym stosunku ilość substancji przenikającej.)

4 wytwarza

7 wielkiej

7 które

7 przeinacza

7 należałoby

(Z powodu ~~tej~~ powolności dyfuzji ~~trzeba~~ długo czekać, aż ustanowi się stan rzeczy trwały; zwykle bywają też zastosowywane metody, polegające na czasowej zmienności koncentracji, jak owa już wspomniana metoda Grahama.

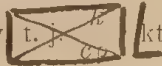
zjawiskach

Do rozkładu zmiennego nie mamy ścisłej analogii w elektryczności, jak już wspomnieliśmy; ~~z~~ w teorii przewodnictwa ciepła współczynnikiem analogicznym, zastępującym stałą dyfuzji w prawie zasadniczym

$$\frac{\partial c}{\partial t} = k \Delta^2 c,$$

7 (bliziej)

7 k  
p  
główna  
kierunek

nie jest przewodnictwo cieplne, lecz raczej  $t \cdot z$  przewodnictwo temperatury  którego wartości jeszcze o wiele mniej róż-

7 k/cp

nią się w rozmaitych ciałach pomiędzy sobą, aniżeli wartości samego przewodnictwa cieplnego.

Ilościową różnicę właściwości tych zjawisk przedstawi następujący przykład. Przyjmując jako 4000° temperaturę pierwotną kuli ziemskiej, ochłodzonej nagle na powierzchni aż do dzisiejszej

temperatury, a 0.015 jako współczynnik przewodnictwa temperatury (granitu, gnejsu, marmuru, porfiru), otrzymalibyśmy, według wzoru

$$\theta = \frac{2\theta_0}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-x^2} dx,$$

~~wyjdzie~~ że, po upływie 30000000 lat (t. j. czasu potrzebnego, ażeby gradient temperatury tuż przy powierzchni był = ~~1°/30 m~~) ochłodzenie

ograniczyłoby się jeszcze do warstwy grubości 130 km; ~~w tej~~ w tej głębokości temperatura pierwotna była ~~obniżona~~ obniżona dopiero o 1%. Powolne postępowanie (ochłodzenia tego), nawiasem mówiąc, wcale nie wpływa na klimat ziemi, gdyż ciepło, z wnętrza ziemi ku powierzchni ~~ziemi~~ napływające, wynosi ledwie część ~~z~~ ilości, którą ~~ona~~ otrzymuje od słońca.)

Gdyby w podobny sposób, od owego czasu, morze, pokryte ~~było~~ warstwą bezustannie czystej wody, ~~z~~ zmiana stężenia jedno-procentowa byłaby postąpiła tylko ~~z~~ do głębokości 5.5 km (naturalnie przy zupełnem pominięciu prądów).

Powolność dyfuzji jest też przyczyną, że atmosfera ziem-ska ma skład nadzwyczaj jednakowy; ~~ponieważ~~ dążność gazów cięższych do opadania, lżejszych do wznoszenia się, ~~z~~ dążność mórz do nasycania powietrza wilgocią, zostaje zupełnie zneutrali-zowana, przynajmniej w dolnych warstwach, przez prądy konwek-cyjne, mieszające ją bezustannie.

Powolność zjawisk dyfuzyjnych (nadzwyczajnie) jest ważna dla życia organicznego, gdyż wymiana materji w organizmach, choć częściowo ułatwiona przez krążenie soków, następuje drogą dyfuzji; ona ~~z~~ jest miarodajna dla prędkości odpowiednich pro-cesów chemicznych, ~~z~~ od niej ~~zależy~~ zależy długość życia organi-zmów.

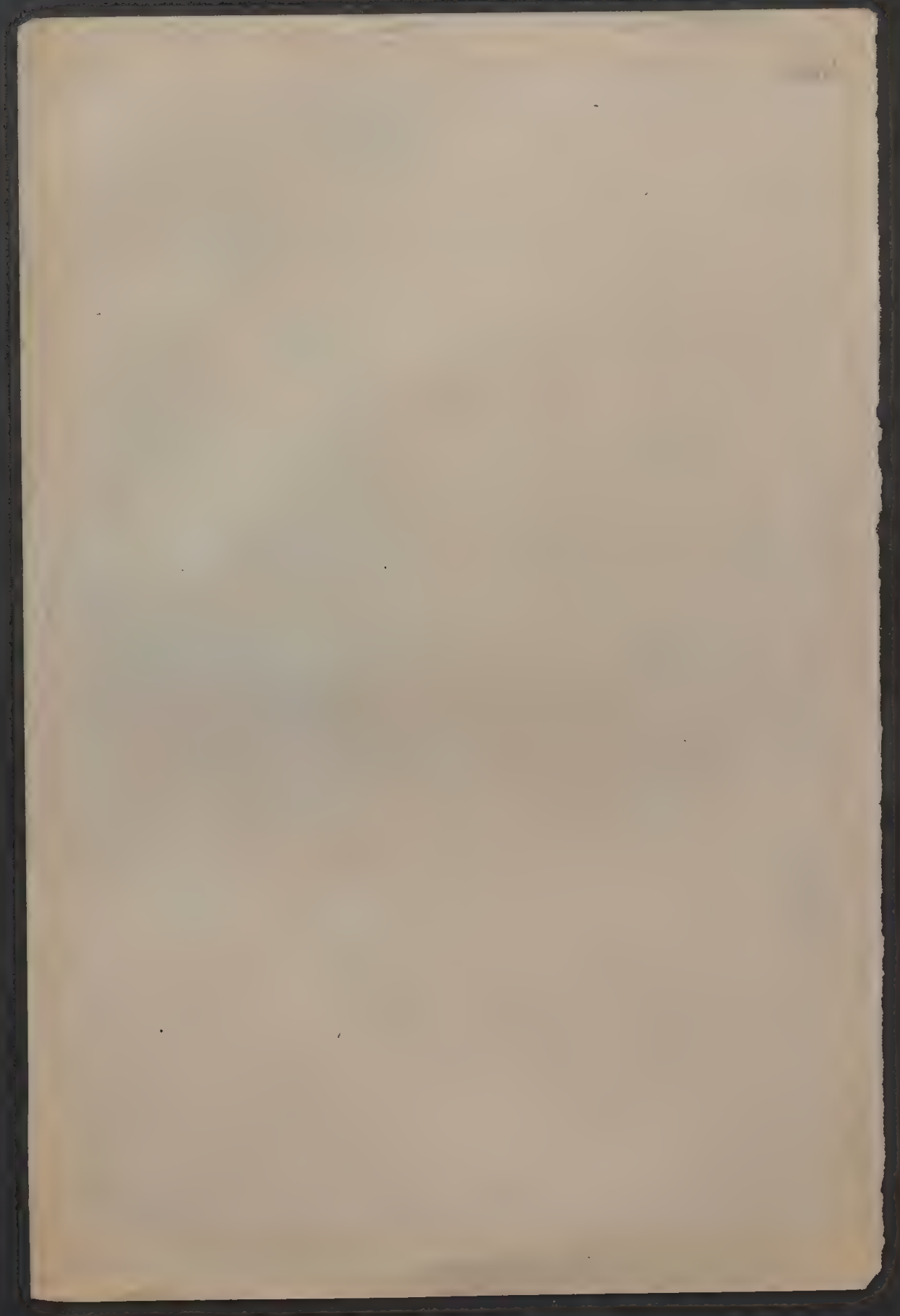
Tak ~~dwie~~ stałe ~~w~~ współczynniki w równaniach analogicznych, współczynniki, które dla fizyki matematycznej są dość obojętne, mają ~~f~~ pierwszorzędne znaczenie dla fizyki doświadczalnej, gdyż od nich przeważnie zależy przydatność metod mierniczych, a co-waż-niejsza, doniosłość owych zjawisk dla przyrody i człowieka.

(dla)

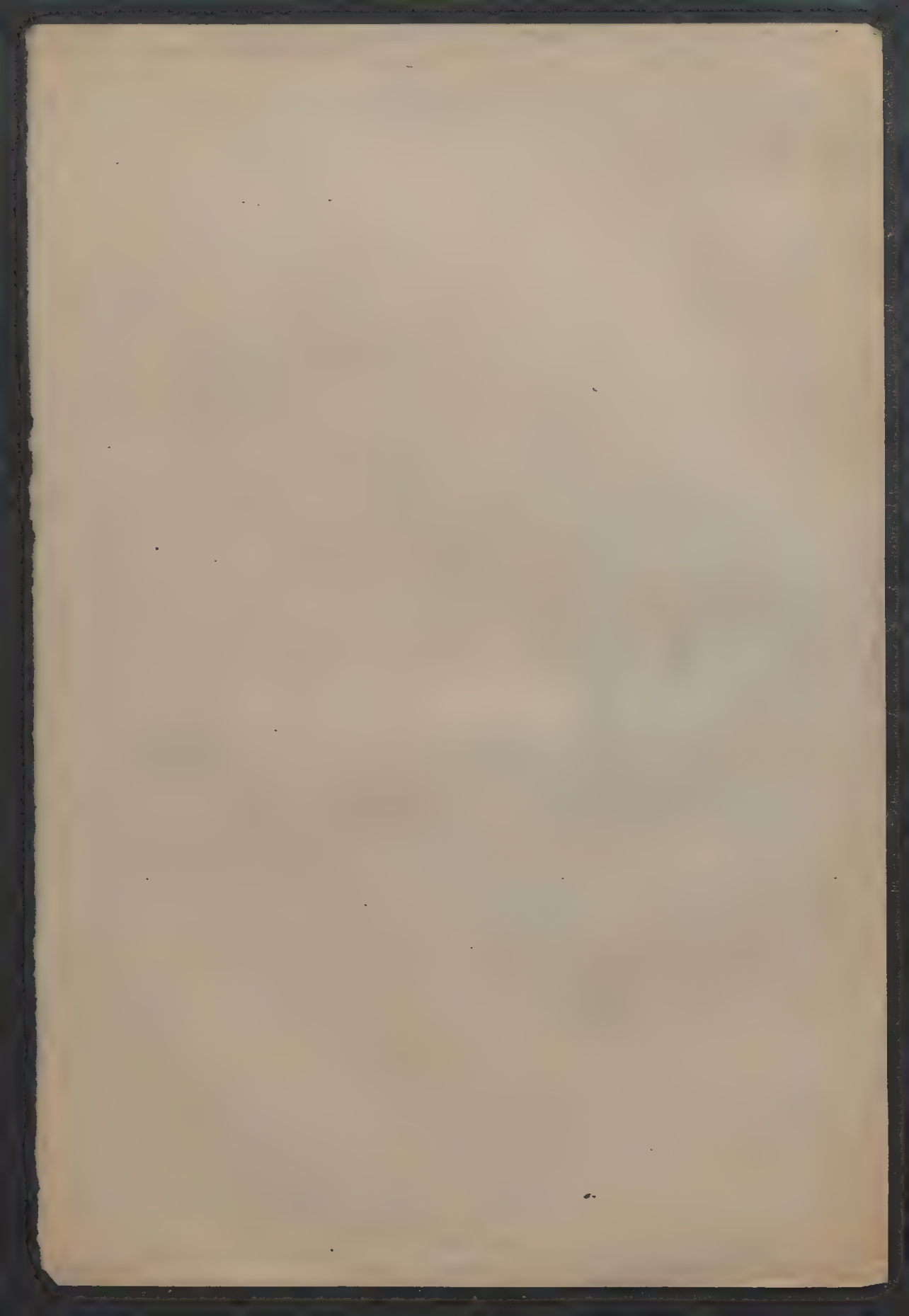
1°/30 m)

zatem

tedy







M. v. Smoluchowski.

Überreicht vom Verfasser.

LXVI

II

# Elektrische Endosmose und Strömungsströme.

Von

M. v. Smoluchowski.

5 28

15

Sonderdruck aus dem  
Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus  
herausgegeben von  
L. Graetz, München.  
Band II.

Leipzig  
Verlag von Johann Ambrosius Barth  
1914

Verlag von Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

**BATTELLI, A., A. OCCHIALINI und S. CHELLA, Die Radioaktivität.** Aus dem Italienischen übersetzt von Dr. Max Iklé. XII, 428 Seiten mit 144 Figuren im Text. 1910. M. 6.40; geb. M. 7.40.

**Zentralblatt für Röntgenstrahlen etc.:** Die Verfasser entwickeln die Lehre von der R. in höchst anschaulicher Weise aus den Erscheinungen der Ionisation und der physikalischen Strahlungen. Die Schilderung der Apparate und ihre Handhabung ist besonders geschickt. Da das Buch exakt-physikalische Darstellung mit popular verständlicher Sprache verbindet, eignet es sich besonders gut als Hilfs- und Nachschlagebuch.

**NAIRZ, OTTO. Einführung in die Elektrotechnik.** Unter Zugrundelegung der Vorlesungen Prof. Slabys. VIII, 415 Seiten mit Abbildungen im Text. 1913. M. 10.—, geb. M. 11.—.

Das aus Vorlesungen entstandene Werk, dessen Inhaltsbearbeitung die wirksame Gestalt Slabys wieder erstehen läßt, erscheint für Hochsch.-Studienzwecke besonders geeignet und darf zum Unterschiede gegen viele andere gleichnamige Werke als wahrhafte Einführung in die Theorie der Elektrotechnik bezeichnet werden. Hier wird in fesselnder Weise der Grund für einen durchgreifenden wissenschaftlichen Studiengang gelegt.

Sehr anzuerkennen ist vor allem das Bestreben des Verfassers in seiner Schrift insofern in Slabys Fußstapfen zu treten, daß er sich bestrebt „elementar“ zu bleiben und doch wissenschaftlich zu sein. Das war ja wie bekannt der Hauptgrund, weshalb die Kollegen von Slaby sich so allgemeiner Beliebtheit erfreuten.

Eine große Zahl sehr sachlicher Skizzen begleiten den Text und erleichtern sein Verständnis.

**EBERT, H., Magnetische Kraftfelder.** Die Erscheinungen des Magnetismus, Elektromagnetismus und der Induktion, dargestellt auf Grund des Kraftlinien-Begriffes. Zweite, vollkommen neu bearbeitete Auflage. 8°. XII, 415 Seiten mit 167 Abb. im Text. 1905. M. 7.—; geb. M. 8.—.

**Zeitschr. f. d. physik. u. chem. Unterr.:** Völlig überflüssig wäre es, die Fachgenossen auf den hervorragenden Wert des vorliegenden Werkes noch besonders hinzuweisen. Ist es doch die beste wissenschaftliche Rustkammer für die Entscheidung der jetzt im Vordergrund stehenden methodischen Frage, wie und in welchem Umfang der Kraftlinienbegriff in dem physikalischen Unterricht der verschiedenen höheren Lehranstalten zu verwerten sei.

**EBERT, H., Anleitung zum Glasblasen.** Vierte, umgearbeitete und erweiterte Auflage. XII, 123 Seiten mit 75 Abbildungen. 1912. M. 2.80, geb. M. 3.50.

**Chemiker-Zeitung:** Die Erfahrungen, welche der Verfasser sowohl beim Glasblasen wie beim Unterricht gesammelt hat, haben ihn auf den fruchtbaren Gedanken gebracht, die Anleitung zum Glasblasen in die Form eines systematischen, aus fünf Übungsstufen bestehenden Unterrichtskurses zu bringen, welcher alle im Laboratorium geklärt und leicht überall erkennen, daß der Verfasser, welcher es in seiner Wissenschaft zu hohem Ansehen gebracht hat, auch in der Kunst des Glasblasens Meister ist.

**FOURNIER D'ALBE, E. E., Die Elektronentheorie.** Gemeinverständliche Einführung in die moderne Theorie der Elektrizität und des Magnetismus. Deutsch von J. Herweg. VI, 326 Seiten und 35 Figuren. 1908. M. 4.80; geb. M. 5.60.

**Physikalische Zeitschrift:** Das vorliegende Werk hält auf seinen reichlich 300 Textseiten wirklich das, was es im Titelblatt verspricht, nämlich ein gemeinverständlicher Führer in die neueren Theorien zu sein. In diesem Sinne verdient es aufrichtig empfohlen zu werden.

**Chemiker-Zeitung:** Tatsächlich erfordert das Werk, das nunmehr auch in deutscher, und wie man gern zugeben kann, vorzüglicher Übersetzung erschienen ist, keinerlei erhebliche Vorkenntnisse mathematischer oder physikalischer Natur, so daß seine Lektüre jedem nur halbwegs naturwissenschaftlich Gebildeten ermöglicht wird. Die vorzügliche Ausstattung und der mäßige Preis des umfangreichen Buches verdienen volle Anerkennung.

**LODGE, SIR OLIVER, Radioaktivität und Kontinuität.** Zwei Vorträge: I. Die Entdeckung der Radioaktivität und deren Einfluß auf die Entwicklung der Physikalischen Wissenschaft. Becquerel-Gedächtnisrede, gehalten am 17. Oktober 1912 vor der Chemical Society. — II. Kontinuität. Eröffnungsrede, gehalten auf der Versammlung der British Association zu Birmingham 1913. IV, 217 Seiten. 1914. M. 5.—, geb. M. 6.—.

Diese beiden Vorträge des großen englischen Physikers behandeln Fragen, die weit über den Kreis der Fachgenossen hinaus das lebhafteste Interesse für sich in Anspruch nehmen müssen. Im ersten Vortrag legt der Verfasser dar, wie die Entdeckung der Radioaktivität auf unser naturwissenschaftliches Denken bestimmend wirkt. Im zweiten Vortrag legt der Verfasser sein physikalisches Glaubensbekenntnis ab. Sicherlich werden die interessanten Ausführungen des Verfassers und seine vielseitigen Darlegungen Anhänger und Gegner in gleichem Maße fesseln und anregen.

**Handbuch der Physik.** 2. Auflage. Unter Mitwirkung von zahlreichen Fachgelehrten herausgegeben von Prof. Dr. A. Winkelmann in Jena. In 6 Bänden. Lex. 8°. M. 220.—, geb. M. 234.—.

**Natur und Offenbarung:** Nicht nur in den Reihen der Fachphysiker, sondern auch aller Naturwissenschaftler, welche sich mit den der Physik verwandten Gebieten befassen, wird die Neubearbeitung des Handbuches der Physik von Winkelmann als eine erfreuliche Tatsache begrüßt werden. Denn seit dem Abschluß, noch mehr aber seit Beginn der Auflage des vierbändigen Werkes wurden nicht nur in einzelnen Disziplinen umwälzende Entdeckungen gemacht, sondern es sind damals vollkommen neue Gebiete unserer Wissenschaft erschlossen worden. Das letztere gilt in besonders hohem Grade von der Elektrizität und es ist deshalb sehr dankenswert, daß gerade der die Lehre von der Elektrizität und dem Magnetismus enthaltende Band zuerst erschien.

**HERTZ, H., Gesammelte Werke.** Band I. Schriften vermischten Inhalts. XXIX, 368 S. mit vielen Fig., 1 Tafel. Einleitung v. Ph. Lenard u. Porträt d. Verf. 1895. Preis M. 12.—. Band II. Untersuchungen üb. d. Ausbreitung d. elektr. Kraft. VIII, 296 S. m. 40 Fig. 3. Aufl. 1913. M. 6.—. Bd. III. D. Prinzipien d. Mechanik i. neuem Zusammenhange dargest. Mit ein. Vorw. v. H. v. Helmholtz. 2. Aufl. XXXII, 312 S. 1910. M. 12.—. In Halbfr. geb. jed. Bd. M. 1.50 mehr.

Das Lebenswerk des früh dahingegangenen Gelehrten liegt in den vorstehenden drei Bänden nun abgeschlossen vor. Je mehr man sich in die geistvollen und klaren Darstellungen versenkt, um so mehr bedauert man, daß der Tod seinem Wirken ein so kurzes Ziel gesteckt hat.



Zywa pagina : XVII. Elektrische Endosmose

XVII. Elektrische Endosmose und  
Strömungsströme.

Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. In fünf Bänden. Herausgegeben von Prof. Dr L. Graetz. Band II, Lieferung 2; pp. 366 - 428. Leipzig, Verlag von Johann Ambrosius Barth. 1914

~~Elektrische Endosmose und Strömungsströme.~~~~Von M. v. SMOLUCHOWSKI.~~~~(Die Literatur ist bis Ende 1915 berücksichtigt.)~~

## A. Ältere Untersuchungen. Empirische Gesetze.

{ nie zbył  
grubem  
pr. sm.}nie za  
grubem

§ 1. Übersicht und Nomenklatur. Eine ganz eigenartige, von der elektrolitischen Überführung fundamental verschiedene Klasse von Erscheinungen bilden die mechanischen Bewegungen, welche an den Grenzflächen zweier Medien (in der Regel Flüssigkeit — fester Körper) durch tangential elektrische Strömung hervorgerufen werden, sowie das inverse Phänomen: die Erzeugung elektrischer Ströme durch mechanische Verschiebung zweier Medien entlang ihrer Trennungsfläche.

Da diese Erscheinungen am augenfälligsten an Flüssigkeiten auftreten, welche sich innerhalb fester Wände von großer Oberfläche, z. B. poröser Diaphragmen, befinden, und in diesem Falle seit langem als „elektrische Endosmose“ bekannt sind, erscheint es zweckmäßig, diese ganze Klasse von Erscheinungen mit dem gemeinsamen Namen elektroendosmotische oder kurz elektrosmotische Phänomene zu bezeichnen.<sup>1)</sup>

(Sie zerfallen, je nachdem der elektrische Strom als Ursache oder als Wirkung auftritt und je nachdem die Flüssigkeit oder der feste Körper sich in Ruhe befindet, in vier Kategorien:

Elektr. Strom bewegt:	Elektr. Strom erzeugt durch Bewegung von:	
Flüssigkeit (Elektrische Endosmose)	Flüssigkeit (Diaphragmenströme, Strömungsströme)	innerhalb ruhender fester Wände
feste Teilchen (Elektrische Kataphorese)	feste Teilchen (Kataphoretische Ströme)	innerhalb ruhender Flüssigkeit

Manche Autoren bezeichnen auch die elektrische Endosmose als „Kataphorese“; hier wird im Anschluß an FREUNDLICH der letztere Ausdruck ausschließlich im Sinne der Überführung von in Flüssigkeiten suspendierten Teilchen verwendet; dem gegenüber können die elektrische Endosmose und die Strömungsströme als elektrosmotische Erscheinungen im engeren Sinne bezeichnet werden.

## I. Elektrische Endosmose.

§ 2. Elektrosmose durch Tondiaphragmen. Die elektrische Endosmose beobachtet man leicht, wenn man in ein U-Rohr, dessen Biegung mit Watte, Ton, Sand oder dgl. verstopft ist, Wasser einfüllt und von den beiden Enden her einen genügend kräftigen elektrischen Strom durchleitet. Es wird dabei das Wasser in der Richtung des positiven Stromes überführt; diese Erscheinung tritt in reinem, schlecht leitendem Wasser recht augenfällig auf, ebenso auch in Alkohol, aber nicht in stark angesäuertem Wasser.)

(Sie ist zuerst von REUSS<sup>2)</sup> in Moskau 1809 entdeckt, dann von PORRET<sup>3)</sup> beobachtet worden, aber genaue Messungen hat erst WIEDEMANN<sup>4)</sup> 1852 ausgeführt,

<sup>1)</sup> Die von manchen Autoren gebrauchten Namen: „reibungselektrische“ oder „elektrokinetische“ Vorgänge erscheinen mir weniger zweckmäßig; insbesondere beruht die sogen. Reibungselektrisierung fester Körper auf einem hiervon wesentlich verschiedenen Mechanismus (siehe § 73)

<sup>2)</sup> F. REUSS, Mém. Soc. Naturalistes Moscou. 2. 327. 1809.

<sup>3)</sup> R. PORRET, Gilb. Ann. 66. 272. 1816.

<sup>4)</sup> G. WIEDEMANN, Pogg. Ann. 87. 321. 1852.

nazwiska (jak zawsze) zwykły antykwaz tekstu  
lecz spacyowanie

indem er die Flüssigkeitsmengen bestimmte, welche mit Hilfe von Strömen von gemessener Stärke durch poröse Tondiaphragmen hindurch geführt werden. Die dabei übergeführten Flüssigkeitsmengen waren sehr bedeutend, einige hundertmal so groß wie die gleichzeitig an den Elektroden zersetzte Menge, so daß sie bequem gemessen werden konnten.)

(Als Beispiel sei eine auf Wasser bezügliche Versuchsreihe angeführt, wobei die (in willkürlichem Maße gemessene) Stromstärke mit  $J$ , die pro Viertelstunde übergeführte Wassermenge mit  $M$  bezeichnet sei:

$J$	144	108	83	60	48	36	29
$M$	17,77	13,26	10,59	7,46	5,89	4,47	3,38
$M/J$	0,123	0,123	0,127	0,124	0,123	0,124	0,117

← Wir sehen, daß das Verhältnis  $M/J$  merklich konstant blieb, und dasselbe war auch der Fall, wenn die durchlässige Oberfläche des Diaphragmas durch Bestreichen mit Harz verkleinert oder wenn dessen Dicke durch Abschaben verringert wurde. Analoge Messungen wurden an verschiedenen konzentrierten Lösungen von  $\text{CuSO}_4$  vorgenommen.

Als Ergebnis dieser Untersuchungen spricht WIEDEMANN den Satz aus: „Die Menge der in gleichen Zeiten durch die Tonwand übergeführten Flüssigkeit ist der Stromintensität direkt proportional und unter sonst gleichen Bedingungen von der Oberfläche und Dicke der Tonwand unabhängig.“

Die Unabhängigkeit von letzteren Umständen läßt sich auch direkt mittelst eines von HITTORF<sup>1)</sup> konstruierten Apparates zeigen, in welchem die Differenz der durch zwei Diaphragmen von verschiedener Dicke (oder Oberfläche) übergeführten Flüssigkeitsmengen zum Vorschein kommen würde, falls eine solche bestünde.

Der Quotient  $M/J$  (auch WIEDEMANNsche Zahl genannt) erweist sich dagegen in hohem Grade abhängig von der Natur der angewendeten Flüssigkeit, sowie des Diaphragmas. Dabei treten nicht nur große quantitative Unterschiede auf, sondern in einigen Fällen<sup>2)</sup> wurde auch eine Fortführung im umgekehrten Sinne (negative Elektrosomose) beobachtet. WIEDEMANNs Versuche mit Salzlösungen verschiedener Konzentration schienen auf eine angenäherte umgekehrte Proportionalität jenes Quotienten mit dem Salzgehalt hinzudeuten.

§ 3. Elektrosmotischer Druck bei Diaphragmen. Um diesbezüglich genauere Ergebnisse zu erhalten, beobachtete WIEDEMANN in der Folge an Stelle der elektrosmotischen Überführung den dieselbe kompensierenden hydrostatischen Druck. Es war nämlich vorauszusehen, daß dieser ein direktes Maß für die elektrosmotische Kraft sein werde, während die übergeführte Flüssigkeitsmenge überdies von dem Werte des Zähigkeitskoeffizienten abhängen muß.)

(Es wurde also das Gefäß, in welches die Flüssigkeit durch die Elektrosomose übergeführt wird, geschlossen und mit einem Quecksilbermanometer verbunden; der Quecksilbermaniskus stieg dann bei Einleitung des Stromes, bis ein Druck erreicht wurde, dessen Höhe von der Stromstärke, den Dimensionen des Diaphragmas und der Konzentration der Lösung abhing. Es handelte sich um die Abhängigkeit dieses elektrosmotischen Druckes  $P$  von den genannten Faktoren. Die Versuche WIEDEMANNs mit  $\text{CuSO}_4$ -Lösungen ergaben diesbezüglich:

1. Proportionalität des Druckes  $P$  mit der Stromstärke  $J$ ; beispielsweise bei Verwendung einer 19 % Lösung:

$J$	128	109	97	73	65,3	58,3	45	26,5	13
$P$	176,5	147,5	132,5	100,5	89,0	80,5	61,0	37,5	19,5
$P/J$	1,38	1,35	1,37	1,38	1,36	1,38	1,36	1,41	1,36

<sup>1)</sup> W. HITTORF, Pogg. Ann. 98. 8. 1856.

<sup>2)</sup> z. B. H. MUNCK, Archiv f. Physiol. 1873. p. 241, 505. — G. GORE, Proc. Roy. Soc. 31. 253. 1880. — G. QUINCKE, Pogg. Ann. 113. 513. 1861.

Tablice liczbowe zawsze  
pełniem, bez krosek

kropka w potrobie  
wypisanie całości  
nie przesłane  
Względnie w całej pracy liczbę dziesiętną  
1.36  
0.242 itd.  
proszę skłonić lek: 176.5  
80.5



2. Umgekehrte Proportionalität mit der freien Oberfläche  $\Omega$  des Tondiaphragmas, z. B. (wenn die ursprüngliche Oberfläche als Einheit angenommen wurde):

$\Omega$	1,00	0,70	0,40	0,20
$P/J$	1,37	1,80	3,42	6,00
$\Omega P/J$	1,37	1,26	1,37	1,20

3. Proportionalität mit der Dicke  $d$  desselben:

$d$	8,00	4,00	1,70—2,00 mm
$P/J$	3,30	1,62	0,73
$P/Jd$	0,41	0,40	0,43—0,36 (mm)

4. Angenäherte Proportionalität mit dem spezifischen Widerstand  $\sigma$  der  $\text{CuSO}_4$ -Lösung:

Prozentgehalt	16,25	9,22	6,60	3,40	1,80
$\sigma$	18,00	27,00	32,50	55,50	100,00
$P/J$	1,35	1,98	2,44	3,79	6,80
$P/J\sigma$	7,50	7,33	7,50	6,83	6,80

Die von WIEDEMANN erhaltenen Resultate lassen sich also in der angenäherten Formel zusammenfassen:

$$P = c \frac{J d \sigma}{\Omega} \quad (1)$$

(wo  $c$  eine Konstante bedeutet), oder da  $J d \sigma / \Omega$  nach OHMS Gesetz der Potentialdifferenz  $V_1 - V_2$  zu beiden Seiten des Diaphragmas proportional ist:

$$P = c (V_1 - V_2) \quad (2)$$

← Mithin wäre der elektromotische Druck für Lösungen verschiedener Konzentration (angenähert) der Potentialdifferenz  $V_1 - V_2$  proportional, unabhängig von den näheren Versuchsumständen.

Genauere Messungen derselben Art sind später von FREUND<sup>1)</sup> ausgeführt worden, und zwar insbesondere zum Zweck näherer Untersuchung des Einflusses der Konzentration der Lösung. Da sich nämlich die Konzentration der beiderseitigen Elektrolyten infolge des Stromdurchganges verändert, hat FREUND sowohl die Konzentration  $p$  (in Gewichtsprozenten ausgedrückt) wie auch die Leitfähigkeit, und zwar sowohl vor Beginn des Versuches, wie auch nach demselben in dem inneren (kathodischen) und in dem äußeren (anodischen) Gefäß, gemessen und dabei auch auf die Versuchstemperatur, welche eine ziemlich bedeutende Rolle spielt, geachtet.

← Als Beispiel sei eine Reihe von Resultaten, nach dem Prozentgehalt geordnet, wiedergegeben, welche sich auf  $\text{CuSO}_4$ -Lösungen bei einer Temperatur von 15,0 bis 16,1° beziehen. Dabei bezeichnen  $i$  und  $a$  die auf das innere resp. äußere Gefäß bezüglichen Werte:

$J$ (Amp.)	$P$ (mm)	$p_i$	$p_a$	$\frac{1}{\sigma_i} \cdot 10^8$	$\frac{1}{\sigma_a} \cdot 10^8$	$\frac{P}{J \sigma_i} \cdot 10^9$	$\frac{P}{J \sigma_a} \cdot 10^9$
0,650	59,4	24,4	25,7	448	440	409	402
0,629	58,1	19,6	20,2	421	426	388	393
0,642	57,6	19,6	20,3	420	426	377	383
0,648	54,0	19,2	20,7	426	438	355	365
0,603	52,3	14,5	15,4	367	377	318	327
0,571	46,8	13,6	14,8	357	375	293	307
0,515	52,2	10,7	10,5	306	301	333	305
0,465	48,6	9,50	10,6	276	298	289	312
0,356	53,4	5,43	5,81	181	190	272	285
0,377	54,5	5,38	6,12	182	201	262	290
0,190	52,9	1,72	1,99	66,3	76,3	186	213

<sup>1)</sup> C. FREUND, Wied. Ann. 7. 53. 1879.

Diese Messungen beweisen, daß die von WIEDEMANN vermutete angenäherte Proportionalität des Druckes mit dem spezifischen Widerstand der Lösungen kein allgemeines Gesetz ist; zwar erweist sich der Koeffizient  $\epsilon$  der Formel (1) für  $\text{CuSO}_4$ -Lösungen einigermaßen konstant, nimmt jedoch für  $\text{ZnSO}_4$ -Lösungen mit wachsender Konzentration zu; für  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  und  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  nimmt er bedeutend ab. Dies gilt sowohl wenn die innere als auch wenn die äußere Konzentration als maßgebend betrachtet wird; dabei zeigt sich, daß für starke Konzentrationen zwischen den Lösungen verschiedener Salze große Unterschiede im Werte jenes Koeffizienten bestehen, daß aber die Unterschiede mit zunehmender Verdünnung abnehmen.

Im übrigen sind auch die Messungen von FREUND zur Ableitung genauer Zahlenwerte nicht geeignet, da für die Elektromose die Konzentration in unmittelbarer Umgebung des Diaphragmas maßgebend sein muß, welche weder mit den  $z$ -noch mit den  $a$ -Werten identisch ist. In dieser Hinsicht wären jene Versuche wohl einer Verbesserung fähig. Auch müßte bei der Berechnung noch eine Fehlerquelle in Betracht gezogen werden, auf welche VAN DER VEN<sup>1)</sup> aufmerksam gemacht hat, nämlich die Differenz des hydrostatischen Druckes im inneren und äußeren Raume infolge verschiedener Konzentration der beiden Flüssigkeitssäulen.

Weitere Versuche über derartige Erscheinungen siehe § 27, 28, 40, 42, 45, 49—53.

**§ 4. Flüssigkeitsbewegung in Kapillarröhren bei Entladung von Leydener Flaschen.** Einen bedeutenden Fortschritt in der Erkenntnis des Mechanismus dieser Phänomene stellen die Versuche von QUINCKE<sup>2)</sup> dar und diese haben zur Aufklärung der ganzen Erscheinung wesentlich beigetragen. Um nämlich genauer definierte Versuchsbedingungen zu erzielen, benutzte QUINCKE an Stelle des Tondiaphragmas gläserne Kapillarröhren und stellte fest, daß auch in diesen eine Überführung, resp. ein elektromotischer Druck auftritt, ebenso wie bei Diaphragmen; nur mußte er hierbei erheblich höhere Potentialdifferenzen anwenden, um merkliche Wirkungen zu erzielen.

Um quantitative Messungen anzustellen, verband QUINCKE eine unter geringem Winkel zur Horizontalebene geneigte Kapillare, in welche an drei Stellen als Elektroden dienende Platindrähte eingeschmolzen waren, mittels eines U-förmigen Verbindungsstückes mit einem weiteren Gefäß, in welches Flüssigkeit zu passender Höhe eingefüllt wurde. Sobald zwischen den Elektroden die Entladung von Leydener Flaschen eingeleitet wurde, trat eine Verschiebung des Meniskus in der Kapillare ein (und zwar im Sinne der Stromrichtung, falls Wasser angewendet wurde), deren Größe mikroskopisch gemessen wurde.

Als Beispiel sei folgende Messungsreihe angeführt, in welcher Wasser in einer Kapillare von der inneren Weite 0,9 mm, Länge 200 mm, Neigungswinkel  $5^\circ 43' 5''$  verwendet wurde. Darin bedeutet  $q$  die Anzahl der Funken der LANESchen Maßflasche, welche ein Maß der durchgesandten Elektrizitätsmenge bildet,  $\Delta h$  ist die Verschiebung (1 Skalenteil = 0,0437 mm),  $-\Delta h$  die bei Kommutierung der Entladung stattfindende Verschiebung. In der letzten Zeile sind die unter Annahme der Proportionalität von  $\Delta h$  zu  $q$  berechneten Werte angegeben.

$q$	60	40	30	20	10	5
$\Delta h$	48,8	34,5	23,9	14,3	7,5	4,1
$-\Delta h$	-47,0	-32,1	-22,2	-14,8	-7,3	-3,5
$\Delta h$ ber.	47,3	31,5	23,6	15,8	7,9	3,9

← Es folgt also, daß die Verschiebung des Meniskus proportional ist der durch die Flüssigkeit geleiteten Elektrizitätsmenge.

Ferner wurde die vom Strom durchflossene Länge der Röhre variiert, indem die Entladung zwischen je zwei der drei eingeschmolzenen Elektroden hindurch-

<sup>1)</sup> E. VAN D. VEN, Arch. d. Musée Teyler. 8: 93, 199, 363, 489. 1902/03; 9: 97, 217, 573. 1904/05; 10: 85, 433. 1907; 11: 185. 1908.

<sup>2)</sup> G. QUINCKE, Pogg. Ann. 113. 513. 1861.

geleitet wurde; dies ergab Proportionalität der Verschiebung zur Länge der stromdurchflossenen Flüssigkeitssäule.

Versuche mit einem aus zwei Teilen von verschiedenem Querschnitt zusammengesetzten Rohr zeigten, daß die Verschiebung viel größer ist bei kleinerem Querschnitt; ebenso nahm dieselbe bedeutend zu, als der Querschnitt durch Einschieben eines dünnen Glasstäbchens verengt wurde.

Die Größe der Verschiebung war übrigens in hohem Grade von der Reinheit der Röhre und des Wassers abhängig; sie nahm mit der Zeit ab, während die Leitfähigkeit des Wassers durch Auflösung des Glases wuchs. Ebenso bewirkte Vermehrung der Leitfähigkeit durch Zusatz von Säuren oder Salzen eine Abnahme der Verschiebung (in roher Annäherung umgekehrt proportional der Leitfähigkeit). Dagegen war dieselbe für Alkohol größer als für Wasser.

**§ 5. Steighöhe in Kapillaren.** Ein Faktor, welcher bei diesen Versuchen komplizierend mitwirkt, ist die zeitliche Veränderung der Verschiebung und ein gewisser Einfluß der Dauer der Entladung. Unabhängig hiervon sind die mit Benutzung konstanter galvanischer Ketten angestellten Versuche, welche genauere, in einigen Einzelheiten etwas abweichende Resultate lieferten.

Sie lassen sich dahin zusammenfassen, daß die dem elektromotischen Druck entsprechende Steighöhe proportional ist der angewendeten elektromotorischen Kraft, ohne Rücksicht auf die Länge der Flüssigkeitssäule, und umgekehrt proportional dem Querschnitt der stromdurchflossenen Röhre. In der nachfolgenden Tabelle, in welcher  $L$  die wirksame Röhrenlänge,  $r$  den Röhrenradius (beides in mm),  $\varphi$  den Neigungswinkel,  $n$  die Anzahl der benutzten Grove-Elemente,  $\Delta h$  die Verschiebung in Skalenteilen bezeichnet, gibt sich dieses Gesetz in der angeführten Konstanz des Ausdrucks:

$$b = 0,0437 \cdot \frac{r^2}{n} \Delta h \sin \varphi \quad (3)$$

zu erkennen, welcher die Niveaudifferenz bedeutet, die ein Grove-Element (= 1,91 Volt) in einer Röhre von 1 mm Radius hervorrufen würde.

$L$	$2r$	$\varphi$	$n$	$\Delta h$	$b \cdot 10^4$
96	0,376	9° 6,5'	81	20,15	0,607
96	0,376	8° 52,8'	78	19,51	0,595
96	0,376	8° 49,7'	78	18,07	0,555
100	0,897	4° 26,5'	78	7,33	0,640
100	0,897	5° 14'	78	5,85	0,601
100	0,897	5° 26,5'	80	5,87	0,597
305	1,775	8° 49,7'	78	0,94	0,644
230	1,885	2° 38,5'	78	2,38	0,549
230	1,990	2° 38,5'	78	2,31	0,590

Somit betrug die Konstante  $b$  im Mittel für Wasser in Glasröhren  $b = 0,0000597$ , für eine innen mit Schellack überzogene Röhre  $b = 0,0000792$ , für eine innen versilberte Röhre  $b = 0,0000545$  bis  $0,0000384$ . Bei Säurezusatz nimmt die Steighöhe ab, jedoch in viel geringerem Grade als bei den im § 4 erwähnten Versuchen; wenn die Leitfähigkeit des Wassers durch Auflösung des Glases auf das 20fache gestiegen war, blieb die Steighöhe wenig verändert. Für absoluten Alkohol in Glasröhren war  $b = 0,0000341$ ; derselbe wurde ebenfalls im Sinne des positiven Stromes übergeführt; eine gewisse stark verunreinigte Sorte Alkohol zeigte jedoch Überführung im entgegengesetzten Sinne, die oben dargelegten Gesetzmäßigkeiten blieben aber auch für diese Flüssigkeit gültig.

Ebenso zeigte auch Terpentinöl in Glasröhren, wie auch in solchen, welche mit Schellack überzogen waren, negative Überführung, dagegen positive in einer mit



Schwefel ausgekleideten Röhre. Schwefelkohlenstoff wurde meist positiv, in einer bestimmten Sorte von Glas negativ übergeführt, bei Quecksilber war selbst in den engsten Röhren keine Bewegung zu konstatieren, ebenso zeigten Äther, Steinöl, Knochenöl keine bestimmt definierbare Wirkung.

Später wurde ein Teil der Versuche QUINCKES von TERESCHIN<sup>1)</sup> mittels eines ganz ähnlichen Apparates mit größerer Präzision wiederholt, und es wurde abermals die Unabhängigkeit der Größe  $b$  von der Röhrenlänge und von der Potentialdifferenz konstatiert. Dabei ergaben sich für eine Flintglasröhre nachfolgende Werte (bezogen auf Grove-Elemente): Wasser  $b = 0,04535$ ; Methylalkohol  $b = 0,04244$ ; Äthylalkohol  $b = 0,04165$ . Weitere Versuche siehe § 46.

## II. Kataphorese.

§ 6. Transport suspendierter Teilchen. Die zweite Kategorie der hierher gehörigen Erscheinungen, die Überführung fester, in einer Flüssigkeit suspendierter Teilchen infolge Durchganges des elektrischen Stromes, ist ebenfalls von REUSS l. c., und zwar an Tonteilchen in Wasser entdeckt worden. Ähnliche Beobachtungen machten später FARADAY an Gewebefasern, ferner mit Benutzung des Mikroskops HEIDENHAIN an Chlorophyllkörnern, E. DU BOIS REYMOND an Stärkekörnchen, JÜRGENSEN an Carmin, Stärkekörnchen usw.<sup>2)</sup>

Genauere Untersuchungen hat QUINCKE angestellt, indem er in den Überführungsapparat (l. c. § 5) Wasser mit suspendierten Stärkekörnchen brachte, das Rohr mit Wachs verschloß und Ströme von Elektrisiermaschinen, galvanischen Ketten oder Entladungen von Leydener-Flaschen hindurchleitete. Dabei konstatierte QUINCKE eine zweifache Bewegungsart der Teilchen, indem die in der Mitte befindlichen in der Richtung zur Anode, die der Röhrenwand nahen in der Richtung zur Kathode hin wanderten. Er erklärte dies ganz richtig als Superposition der Eigenbewegung der Teilchen und der elektromotischen Strömungen im Innern der Flüssigkeit, welche die angegebene Richtung haben müssen. Bei stärkeren Strömen wanderten alle Teilchen gegen die Anode zu.)

(Ebenso wie Stärkekörner verhielten sich in Wasser sämtliche anderen untersuchten Substanzen: Pt, Au, Cu, Fe, Graphit, Quarz, Feldspat, Braunstein, Asbest, Schmirgel, gebrannter Ton, Porzellanerde, Schwefel, Seide, Baumwolle, Lycopodium, Carmin, Papier, Federkiel, Elfenbein, Tröpfchen von Terpentinöl, Schwefelkohlenstoff, Bläschen von Luft,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ . Wurden dieselben jedoch in Terpentinöl suspendiert untersucht, so zeigte nur Schwefel anodische Wanderungsrichtung, während die übrigen untersuchten Stoffe sich gegen die Kathode zu bewegten.)

(Quantitative Messungen wurden mit Hilfe eines Okularmikrometers und eines Chronometers an einem nahe der Röhrenachse in einer 1,89 mm weiten Kapillare befindlichen Lycopodiumteilchen in Wasser angestellt; dieselben ergaben Proportionalität der Geschwindigkeit mit der Stromintensität (unabhängig von der Länge der Flüssigkeitssäule und der angewendeten elektromotorischen Kraft). Dies illustriert die nachstehende Beobachtungsreihe, in welcher  $T$  die zum Durchlaufen von fünf Skalenteilen erforderliche Zeit angibt, falls durch  $n$  GROVESche Elemente innerhalb der Röhre von der Länge  $L$  ein Strom  $J$  erzeugt wird.

$L$	$n$	$\gamma$	$T$	$\gamma T \cdot 10^{-2}$
460	32	40.4	53.3	21.6
230	32	99.8	23.5	23.5
460	77	115.7	20.5	23.8
230	77	298.1	8.2	24.5

<sup>1)</sup> S. TERESCHIN, Wied. Abh. 32. 333. 1887.

<sup>2)</sup> M. FARADAY, Exp. Res., Nr. 1562. 1838. F. HEIDENHAIN u. JÜRGENSEN, Abh. f. Anat. u. Physiol. 1860. p. 573. - E. DU BOIS-REYMOND, Berl. Ber. 1860. p. 895.

Das Produkt  $IT$  ist also merklich konstant. Bei Anwendung der Entladungen von Leydener Flaschen war der von den Teilchen zurückgelegte Weg proportional der durchgeleiteten Elektrizitätsmenge, unabhängig von der Länge der Flüssigkeitssäule.<sup>1)</sup>

### III. Strömungsströme.

**§ 7. Diaphragmenströme.** Gehen wir nun zu der inversen Erscheinung über, welche auf der Erregung von Potentialdifferenzen und damit von „Strömungsströmen“ infolge Strömens einer Flüssigkeit entlang fester Wände beruht und insbesondere beim Durchfluß durch enge Kanäle (Diaphragmen oder Kapillarröhren) zum Vorschein kommt.

Diese Erscheinung hat QUINCKE<sup>2)</sup> entdeckt. Er verwendete Tonplatten, welche zwischen eben abgeschliffenen Glasröhren eingekittet waren, oder auch Diaphragmen, welche aus verschiedenen in Glasröhren fest eingestampften Pulvern bestanden, und konstatierte, daß zwischen Platinelektroden, zu beiden Seiten derselben, eine galvanometrisch meßbare Potentialdifferenz entstand, sobald Wasser durch das Diaphragma hindurchgepreßt wurde. Die Richtung des elektrischen Stromes stimmt mit der Strömungsrichtung des Wassers überein (so daß also die Anode sich unter niederem, die Kathode unter höherem Druck befand). Als Materialien zur Herstellung der Diaphragmen wurden verwendet: Seidenzeug, Leinwand, Elfenbeinspäne, Glaspulver, Sand, Holzspäne, Schwefel, gebrannter Ton, Talk, Graphit, BUNSsche Kohle, Platinschwamm, Eisenfeile.

Bei Veränderung des hydrostatischen Druckes ergab sich Proportionalität der elektromotorischen Kraft (und der durchgeflossenen Wassermenge) mit dem wirk-samen Drucke. Anwendung zweier verschieden dicker Tonplatten (1,025 mm und 4,682 mm Dicke), sowie Veränderung der freien Oberfläche der Tondiaphragmen zeigte weiter, daß diese Umstände die Größe der elektromotorischen Kraft nicht beeinflussen. Es ist somit die der Druckdifferenz einer Atmosphäre entsprechende elektromotorische Kraft eine von der Bauart des Diaphragmas ganz unabhängige Konstante, welche nur von der Substanz des-selben und von der Natur der Flüssigkeit abhängt. Dieselbe würde den Messungen von QUINCKE zufolge betragen für reines Wasser und:

Schwefel	Quarz-sand	Schellack-pulver	Seide	Gebr. Ton	Asbest	Porzellan	Elfenbein	Tierische Blase
10,9	6,9	3,7	1,3	0,40	0,25	0,22	0,034	0,017 Volt

Die Zahlen können übrigens nur zu beiläufiger Orientierung dienen, da die Werte in hohem Grade von der Reinheit des Wassers abhängen. Zusatz von Salz oder Säure vermindert die Wirkung, Zusatz von Alkohol vermehrt dieselbe.

**§ 8. Strömungsströme in Kapillaren.** Daß analoge Strömungsströme in gläsernen Kapillaren beim Durchpressen von Wasser auftreten, ist zuerst von ZÖLLNER<sup>3)</sup> nachgewiesen worden. Seine Messungen, wie auch diejenigen von EDLUND<sup>4)</sup> dürften

<sup>1)</sup> Manche Autoren sehen auch die von verschiedenen Beobachtern untersuchten, zur Darstellung elektrischer Kraftlinien verwendbaren Figuren, welche in Suspensionen verschiedener Pulver in Terpentinöl u. dergl. zwischen eingetauchten Elektroden entstehen, als eine mit der Kataphorose zusammenhängende Erscheinung an. Hierbei können wohl auch elektrostatische Kräfte (infolge Verschiedenheit der Dielektrizitätskonstanten) in Frage kommen. Eine andere Erklärungsweise, experimentelle Details sowie Literaturzusammenstellung siehe M. SEDDIG, Ann. d. Phys. **11**, 815. 1903; Dissert. Marburg 1902.

<sup>2)</sup> G. QUINCKE, Pogg. Ann. **107**, 1. 1859; **110**, 38. 1860.

<sup>3)</sup> F. ZÖLLNER, Pogg. Ann. **138**, 630. 1873.

<sup>4)</sup> E. EDLUND, Pogg. Ann. **156**, 251. 1875; Wied. Ann. **1**, 184. 1877; **3**, 489. 1878; **8**, 127. 1879; **9**, 95. 1880 — Siehe auch die Kritik seitens DORN, l. c. § 26.

jedoch von der Polarisierung erheblich beeinflusst sein. Frei von diesem Übelstande sind die Messungen, welche HAGA<sup>1)</sup> und CLARK<sup>2)</sup> mit Hilfe des Quadrantenelektrometers ausführten.

HAGA benutzte enge Kapillaren unter Drucken, für welche das POISEUILLESche Durchflußgesetz gültig war; dabei ergab sich die Potentialdifferenz  $E$  (in willkürlichem Maß: 1 Einheit = 0,017 Volt) proportional dem Druck  $P$  (in Millimeter Hg) und unabhängig von der Länge der Röhre  $L$ , wie das beispielsweise folgende Versuchsreihe an einer Röhre von 0,348 mm Radius zeigt:

$L$	402 mm			252 mm	
$P$	156,5	84,0	120,0	77,6	146,9
$E$	40,3	16,5	29,1	19,4	36,5
$\frac{100 E}{P}$	25,7	24,5	24,3	25,0	24,4

Die Werte des Verhältnisses  $E/P$  waren jedoch bei verschiedenen Röhren verschieden, (ohne daß übrigens eine Abhängigkeit von der Röhrenweite klar hervorgetreten wäre). So betrugen sie im Mittel für die untersuchten Röhren, welche Radien  $r$  (in Millimeter) besaßen:

$r$	0,152	0,327	0,335	0,318
$E/P$	39,4	45,3	43,8	24,8

Die Versuche von CLARK waren mit teilweise weiteren Röhren und mit erheblich größerem Druck, nämlich dem 1,69 Atm. betragenden Wasserleitungsdruck, angestellt. Die nachstehende Tabelle enthält die hierbei enthaltenen Werte für  $E$  (in DANIELLS), nebst dem Radius, bzw. im Falle elliptischen Querschnittes, der Halbachsen desselben (in mm), Länge  $L$  und pro Minute durchströmender Wassermenge  $Q$  (in cm<sup>3</sup>):

$r$	$L$	$Q$	$E$
0,069 }	308	1,31	1,71
0,149 }			
0,148	226	5,0	1,57
0,121 }	215	16,7	1,68
0,218 }			
0,346	112	199	1,46
0,398	142	155	1,18
0,522	201	490	1,45
0,706	225	995	1,07
3,83	335	24 147	0,21

In allen diesen Versuchen ist es übrigens sehr schwierig, konstante Werte zu erzielen, da unmerkliche Verunreinigungen des Wassers oder der Röhren große Unterschiede bedingen und auch mit der Zeit, wohl infolge Auflösung des Glases, eine Abnahme der Wirkung eintritt. Wurde die Glasröhre innen mit Schellack oder Fett bedeckt, so ergaben sich höhere Werte, bei Versilberung dagegen geringere. Weitere Versuche über Strömungsströme § 26, 30, 33, 53.

<sup>1)</sup> H. HAGA, Wied. Ann. 2. 326. 1877; 5. 287. 1878.

<sup>2)</sup> J. W. CLARK, Wied. Ann. 2. 335. 1877.



## B. Doppelschicht-Theorie.

### Formale Gesetze der elektrosmotischen Erscheinungen.

#### I. Helmholtz' Berechnung für Kapillarröhren.

§ 9. Allgemeine Begründung der Doppelschicht-Theorie. WIEDEMANN war anfänglich der Ansicht, daß die elektrische Endosmose eine direkte Wirkung des Stromes sei, indem derselbe mechanische, an den Volumelementen der Flüssigkeit angreifende Kräfte hervorbringt, aus deren Zusammensetzung der elektrosmotische Druck resultiert. Diese Auffassung ward infolge der Erkenntnis des spezifischen Einflusses des Materials der festen, die Flüssigkeit begrenzenden Wände unhaltbar; auch würde sie bei konstanter elektromotorischer Kraft Unabhängigkeit des elektrosmotischen Druckes vom Querschnitt bedingen, während derselbe nach QUINCKE dem Querschnitt verkehrt proportional ist.

QUINCKE<sup>1)</sup> erkannte die Elektrosmose und die Strömungsströme als zusammengehörige inverse Phänomene und gab eine Erklärung derselben auf Grund der Annahme einer elektrischen Doppelschichte an der Grenzfläche zwischen Flüssigkeit und fester Wand. Nimmt man nämlich an, daß die positive Belegung der Doppelschichte in die Flüssigkeit falle, die negative in den festen Körper, so wird die positiv geladene Flüssigkeitsschichte bei Existenz eines tangentialen Potentialgefälles längs der Oberfläche in der Richtung desselben verschoben werden und wird so die übrige Flüssigkeit infolge der inneren Reibung nach sich ziehen. Der elektrische Strom übt demnach keine Volumwirkung aus, sondern er zieht die Flüssigkeit gleichsam an der Haut mit, und zwar gegen die Kathode oder Anode hin, je nachdem der in die Flüssigkeit fallende Teil der Doppelschichte positives oder negatives Zeichen hat.

Umgekehrt muß eine Flüssigkeitsströmung offenbar auch eine Elektrizitätsströmung hervorrufen, indem sie eine Verschiebung der den Wänden anliegenden geladenen Schichten mit sich bringt.

§ 10. Mathematische Formulierung für Kapillarröhren durch Helmholtz. Diese Theorie wurde von HELMHOLTZ<sup>2)</sup> in eine präzise mathematische Form gebracht, wodurch eine quantitative Vergleichung mit den Versuchsergebnissen ermöglicht wurde. HELMHOLTZ's Theorie bezieht sich auf zylindrische Röhren, welche von einem ihrer Länge nach gerichteten elektrischen Strome durchflossen werden.

Dabei setzt die Berechnungsweise von HELMHOLTZ voraus:

1. daß die hydrodynamischen Gleichungen für zähe Flüssigkeiten nicht nur für das Innere der Flüssigkeit, sondern auch für den ganzen Bereich der Doppelschichte gültig sind,

2. daß nur eine lamellare Flüssigkeitsbewegung stattfinden kann, d. h. daß die Strömungslinien parallel der Achse seien, was bekanntlich unter gewissen, von REYNOLDS<sup>3)</sup> präzisierten Bedingungen in Kapillarröhren der Fall ist.

3. daß sich das äußere Potentialgefälle über das Potentialgefälle der Doppelschicht einfach superponiert.

Bezeichnen wir mit  $\varphi$  das elektrische Potential im Falle, daß sich die Flüssigkeit in Ruhe befindet; dann ist  $\varphi$  im ganzen Inneren derselben konstant, gleich  $\varphi_i$ , und nur im Bereich der Doppelschichte erfährt es eine rapide Änderung, so daß der Wert  $\varphi_w$  an der festen Wand von  $\varphi_i$  merklich verschieden ist. Das äußere, den konstanten elektrischen Strom in der Richtung der X-Achse hervorrufende Potential

<sup>1)</sup> G. QUINCKE, Pogg. Ann. **113**. 583. 1861.

<sup>2)</sup> H. v. HELMHOLTZ, Wied. Ann. **7**. 337. 1879; Ges. Abh. I. p. 855. 1882; in letzterer Redaktion sind einige Versehen korrigiert.

<sup>3)</sup> O. REYNOLDS, Phil. Trans. **174**. 935. 1883.

wird gleich  $-i\sigma x$ , wenn  $i$  die Stromdichte  $= J/Q$  und  $\sigma$  den spezifischen Widerstand bedeutet; somit erhalten wir das gesamte Potential  $U$  durch Superposition:

$$U = \varphi - i\sigma x \quad (4)$$

← Die hydrodynamischen Grundgleichungen nehmen in unserem Falle die Form an:

$$X - \frac{\partial p}{\partial x} = -\eta \left( \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) = -\eta \Delta^2 u \quad (5)$$

wenn wir nur eine lamellare Strömung in der Richtung der X-Achse zulassen. Dabei bezeichnet  $\eta$  den Zähigkeitskoeffizienten und  $X$  die infolge des äußeren Potentialgefälles auf elektrisch geladene Flüssigkeitsteilchen wirkende Kraft; dieselbe ist gleich dem Produkt aus deren elektrischer Volumdichte  $\varepsilon$  und dem Potentialgefälle, somit  $X = \varepsilon i \sigma$ .

Unter Benutzung der Poissonschen Gleichung:

$$\Delta^2 U = -4\pi\varepsilon \quad (6)$$

und unter Berücksichtigung der Relation  $\left[ \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{P}{L} \right]$ , wo  $P$  die an den Enden der Röhre  $L$  wirkende Druckdifferenz bezeichnet, erhält man somit die Grundgleichung:

$$\frac{i\sigma}{4\pi} \Delta^2 U + \frac{P}{L} = \eta \Delta^2 u \quad (7)$$

Hierzu kommt noch die Grenzbedingung für die Grenzfläche zwischen Flüssigkeit und Wand. HELMHOLTZ läßt der Allgemeinheit wegen die Möglichkeit eines Gleitens der Flüssigkeit längs der festen Wand zu und setzt die Geschwindigkeit an der Grenze

$$u = \zeta \frac{\partial u}{\partial N} \quad (8)$$

wo  $\zeta$  den Gleitungskoeffizienten,  $N$  die nach innen gezogene Normale bedeutet; in den Anwendungen nimmt er jedoch an, daß dieser Koeffizient gleich Null ist, das heißt, daß die äußerste Flüssigkeitsschicht an der festen Wand haftet, was bei den gewöhnlichen Strömungserscheinungen von Flüssigkeiten in Kapillarröhren heute als sicher erwiesene Tatsache gilt. Wenn wir dies zur Vereinfachung von vornherein einführen, so gestaltet sich die weitere Rechnung folgendermaßen.

Die Geschwindigkeit  $u$  läßt sich in zwei Teile zerlegen  $u = u_0 + u_1$ , so daß:

$$\frac{P}{L} = \eta \Delta^2 u_0$$

$$\frac{i\sigma}{4\pi} \Delta^2 U = \eta \Delta^2 u_1$$

wobei an der Wand die Grenzbedingung gilt:  $\left[ \bar{n}_1 - \bar{n}_2 = 0 \right]$ .

← Die Bewegung  $u_0$  ist somit die gewöhnliche, in einer zähen Flüssigkeit unter dem Einfluß eines hydrostatischen Druckgefälles  $P/L$  vor sich gehende Flüssigkeitsströmung, welche dem POISSEUILLESchen Gesetz gehorcht. Die Bewegung  $u_1$  ist die durch das elektrische Potentialgefälle allein hervorgebrachte Strömung; beide superponieren sich einfach.

Aus der letzten Gleichung folgt:

$$u_1 = \frac{i\sigma}{4\pi\eta} U + F(x) + C$$

wo  $F$  eine beliebige Funktion von  $x$  bedeutet. Es wäre von vornherein allerdings möglich, noch eine beliebige Lösung der Differentialgleichung

$$\Delta^2 u_1 = \left( \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) u_1 = 0$$

greckie litery  
zawone z kursyuz

|| a cap.

261

| a cap.

hinzuzufügen; da aber  $u_1$  an der Wand gleich Null ist, das Potential  $U$  daselbst (bei gegebenem  $x$ ) einen von  $y$  und  $z$  unabhängigen Wert hat, so folgt aus einem bekannten Satz der Potentialtheorie, daß jene Lösung eine Konstante sein muß; sie ist also schon in  $C$  mit einbegriffen. Nun muß aber die Geschwindigkeit  $u_1$  gemäß Voraussetzung (2) von  $x$  unabhängig sein; hierdurch bestimmt sich die Funktion

$$F(x) = \frac{i^2 \sigma^2}{4 \pi \eta} x$$

und es bleibt:

$$u_1 = \frac{i \sigma}{4 \pi \eta} \varphi + C$$

Bezeichnen wir mit  $\varphi_a$  wie früher den Wert des Potentials an der Wandoberfläche, so bestimmt sich die Konstante  $C$  aus der Bedingung, daß die Flüssigkeit an der Wand unbeweglich haftet:

$$C = - \frac{i \sigma}{4 \pi \eta} \varphi_a$$

Somit erhalten wir mit Rücksicht auf das in Voraussetzung (3) Gesagte die allgemein für das Innere von Kapillarröhren gültige Formel:

$$u = u_0 + \frac{i \sigma}{4 \pi \eta} (\varphi_i - \varphi_a) \quad (9)$$

← Bei Berücksichtigung der Gleitung ergibt sich nach HELMHOLTZ in analoger Weise:

$$u = u_0 + \frac{i \sigma}{4 \pi \eta} \left( \varphi_i - \varphi_a + \xi \frac{\partial \varphi}{\partial \lambda} \right) \quad (10)$$

Diese Formeln, im Verein mit den bekannten Formeln für die Bewegung  $u_0$  einer zähen Flüssigkeit in Kapillarröhren, stellen die HELMHOLTZsche Theorie der Elektromose dar.

§ 11. Berücksichtigung der Dielektrizitätskonstante. Bevor wir jedoch mit HELMHOLTZ zur Vergleichung derselben mit dem Beobachtungsmaterial übergehen, bemerken wir vor allem, daß in dieser Ableitung, wie auch in fast allen späteren hierauf gestützten Arbeiten, ein Versehen zu korrigieren ist, welches erst von PELLAT<sup>1)</sup> bemerkt worden ist und welches, wie wir sehen werden, erhebliche Folgen nach sich gezogen hat. Hat nämlich die Flüssigkeit eine von Eins verschiedene Dielektrizitätskonstante  $K$ , so nimmt bekanntlich die Poissonsche Gleichung (6) die Form an:

$$K \Delta U = -4 \pi \varepsilon$$

← Allerdings könnte es zweifelhaft erscheinen, ob  $K$  in den Grenzschichten noch als konstant und gleich dem im Innern gültigen Wert angesehen werden darf; aber wenn man mit HELMHOLTZ den Zähigkeitskoeffizienten  $\eta$  als konstant ansieht, muß man dies wohl auch für  $K$  gelten lassen. Die Rechnung bleibt sonst unverändert, nur erhält man schließlich an Stelle von (9) die Schlußformel:

$$u = u_0 + \frac{i \sigma K}{4 \pi \eta} (\varphi_i - \varphi_a) \quad (13)$$

Im folgenden werden wir sämtliche Formeln schon in dieser berichtigten Gestalt, mit Einführung des Faktors  $K$  gebrauchen und dementsprechend die von verschiedenen Autoren angegebenen Werte von  $(\varphi_i - \varphi_a)$  korrigieren.

§ 12. Anwendung auf Elektromose. Aus dieser Formel folgen die Erscheinungen des elektromotischen Flüssigkeitstransports, wenn der hydrostatische Überdruck  $P$

<sup>1)</sup> Siehe J. PERRIN, Journ. Chim. phys. 2. 607. 1904.



gleich Null gesetzt wird. Da in diesem Falle  $u_0$  verschwindet, folgt für die gesamte pro Zeiteinheit übergehende Flüssigkeitsmenge:

$$M_1 = \frac{J\sigma}{\eta} \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi} = \frac{ER^2}{\eta L} \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi} \quad (14)$$

wo  $E$  die Potentialdifferenz an den Enden der Röhre,  $R$  den Radius derselben bezeichnet.

Somit ist die in Kapillaren von gegebener Substanz übergeführte Menge einer gewissen Flüssigkeit der Gesamtstromintensität  $J$  proportional, ohne Rücksicht auf Weite und Länge der Röhre. HELMHOLTZ zieht die WIEDEMANNschen Messungen an Tondiaphragmen als Bestätigung dieses Satzes heran und berechnet hieraus die Werte  $(\varphi_i - \varphi_a)$ , doch liegen hier die Versuchsbedingungen wohl etwas anders, wie wir im § 16 noch näher ausführen werden.

**§ 13. Anwendung auf Quinckes Fortführungsversuche.** Die Formel (14) läßt sich nach HELMHOLTZ auf die Versuche QUINCKES über Fortführung von Flüssigkeiten durch Entladung von Leydener Flaschen anwenden. Integriert man sie nämlich nach der Zeit, so erhält man (unter Annahme, daß die Rückströmung während der Entladungsdauer sich nicht bemerkbar macht) das durch eine gegebene Elektrizitätsmenge  $e = \int J dt$  übergeführte Flüssigkeitsvolum:

$$\int M dt = \frac{e\sigma}{\eta} \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi} \quad (15)$$

Bei den Versuchen QUINCKES waren aber die Elektroden nicht an den Enden der Überführungsröhre befestigt, so daß die elektrische Kraft nur auf einem Teile der Länge wirksam war. Bezeichnet man mit  $W_{23}$  den Zähigkeitswiderstand zwischen den Elektroden (d. h., daß der hydrostatische Überdruck  $P$  ein Volum  $M = P/W$  überführt), mit  $W_{14}$  den Widerstand der ganzen Überführungs- und Steighöhre, so gilt in diesem Falle offenbar:

$$\int M dt = \frac{W_{23}}{W_{14}} \frac{e\sigma K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi\eta} \quad (16)$$

In der Tat fand QUINCKE Proportionalität der Verschiebung mit der Ladung  $e$ , mit der Länge des Stückes zwischen den Elektroden, Abnahme derselben mit Vermehrung der Leitfähigkeit. Die Versuche mit Röhren von verschiedener Weite geben dagegen nur qualitative, aber nicht quantitative Übereinstimmung mit dieser Formel, welche (bei konstantem  $W_{14}$ , aber veränderlichem  $W_{23}$ ) umgekehrte Proportionalität mit der vierten Potenz des Radius erfordern würden. Dies kann von Ungleichartigkeit der inneren Oberfläche herrühren, vielleicht aber auch von einem anderen Umstände, dessen nähere Untersuchung noch der Mühe wert wäre.

Die obige Ableitung gilt nämlich nur in dem Falle, daß der Stromdurchgang so langsam erfolgt, daß man den Zustand als stationär betrachten kann. Geht die Entladung so rasch vor sich, daß die inneren Teile der Flüssigkeit nicht der Bewegung der Wandschichten folgen können, so wird die Überführung offenbar geringer werden, und dieser Umstand muß sich in weiten Röhren eher bemerklich machen als in engen. Tatsächlich galten die erwähnten Gesetzmäßigkeiten nur, wenn QUINCKE die Entladung durch eine eingeschaltete Wassersäule hinreichend verzögerte.

**§ 14. Anwendung auf Quinckes Steighöhenversuche.** Wird die Flüssigkeitsströmung durch einen entgegenwirkenden hydrostatischen Druck  $P$  kompensiert, welcher für sich allein nach POISEUILLES Gesetz ein Volum

$$M_0 = \frac{P}{L} \frac{R^4 \pi}{8\eta}$$

überführen würde, so bestimmt sich derselbe aus der Bedingung  $M_0 + M = 0$  also folgt der Wert des elektromotischen Druckes:

$$P = \frac{2 E K (\varphi_i - \varphi_a)}{R^2 \pi} \quad (17)$$

Auch berechnen wir leicht, daß in diesem Fall die resultierende Strömung von der Röhrenwand bis zur Entfernung  $\frac{R}{\sqrt{2}}$  von der Röhrenachse im normalen Sinne

(in Wasser gegen die Kathode zu), im innern Teile dagegen umgekehrt gerichtet ist.

Eine Bestätigung der obigen Formeln ergeben QUINCKES im § 5 erwähnte, an Wasser in Kapillaren verschiedener Weite angestellte Messungen (Formel (3)), denen zufolge der Druck  $P$  dem Querschnitt umgekehrt proportional ist. Aus den Zahlenwerten jener Versuche folgt, unter Annahme  $K = 81$ , für den Potentialsprung Wasser-Glas:  $\varphi_i - \varphi_a = 0,052$  Volt.<sup>1)</sup>

Im weiteren Verlaufe vergleicht HELMHOLTZ seine Theorie auch mit jenen Versuchen von QUINCKE, in welchen durch Einlegen eines zylindrischen Glasfadens in die fast horizontal gestellte Röhre ein asymmetrisch ringförmiger Querschnitt hergestellt war. Er berechnet die Lösung der Differentialgleichung  $\Delta^2 u_0$ , welche den derart modifizierten Randbedingungen entspricht, und findet schließlich für kleine Werte der Differenz  $R - \varrho$  (wo  $\varrho$  den Radius der eingelegten Röhre bedeutet), im Falle, daß der Glasfaden an der Röhre anliegt:<sup>2)</sup>

$$P = \frac{6 E K (\varphi_i - \varphi_a)}{5 \pi (R - \varrho)^2} \quad (18)$$

während im Falle koaxialer Lage sich ein  $\frac{5}{2}$  mal so großer Wert ergeben würde. Er berechnet nun die Steighöhe  $\Delta h_1$  aus den von QUINCKE bei leerer Röhre angegebenen Steighöhen  $\Delta h_0$  und den Werten von  $R$  und  $\varrho$  und vergleicht diese Resultate mit den beobachteten Werten von  $\Delta h_1$ :

$2R$	$2\varrho$	$\Delta h_0$	$\Delta h_1$ beob.	$\Delta h_1$ ber.
0,799	0,341	15	23,7	30,1
0,8870897	0,341	5,85	10,0	10,2
0,897	0,651	5,19	57,4	44,7
0,897	0,727	5,52	70,4	92,8

Die Übereinstimmung ist für den zweiten Versuch sehr gut, aber für kleinere  $(R - \varrho)$  recht mangelhaft. Angesichts des großen Einflusses kleiner Ausbiegungen des Fadens und Ungleichförmigkeiten des Querschnittes ist bei diesen ziemlich rohen Versuchen wohl auch keine bessere Übereinstimmung zu erwarten.

**§ 15. Anwendung auf Strömungsströme.** Eine weitere quantitative Vergleichung seiner Theorie führte HELMHOLTZ hinsichtlich der Strömungsströme aus. Diese stellen, wie früher erwähnt, gleichsam einen Konvektionsstrom dar, in dem die bewegte Flüssigkeit auch die der Wand benachbarten, geladenen Schichten teilweise mitführt.

Da die Flüssigkeit an der Wand haftet, so ist die Geschwindigkeit in der Entfernung  $N$  von derselben:  $\frac{\partial u}{\partial N} N$ , und die pro Zeiteinheit durch den ganzen Querschnitt der Röhre hindurchgeführte Ladung wird:

$$J = \iint \epsilon \frac{\partial u}{\partial N} N dN ds \quad (19)$$

<sup>1)</sup> Während HELMHOLTZ infolge Übersehens des Faktors  $K$  den Wert 3,9346 Daniell erhält.

<sup>2)</sup> Der Faktor  $(\varphi_i - \varphi_a)$  ist bei HELMHOLTZ aus Versehen weggefallen.

Für die Elektrizitätsdichte  $\varepsilon$  gibt die POISSONSche Gleichung angenähert:

$$\varepsilon = - \frac{K}{4\pi} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial N^2},$$

somit erhält man durch partielle Integration über den Bereich der geladenen Doppelschichte bis zu dem Punkte im Inneren  $i$ , wo das Potential konstant wird:

$$\int \varepsilon N dN = \frac{K}{4\pi} (\varphi_i - \varphi_a).$$

Andererseits ist  $\int \eta \frac{\partial u}{\partial N} ds$  gleich der gesamten auf den Querschnitt wirkenden Reibungskraft, welche dem Produkt aus dem hydrostatischen Druckgefälle  $P/L$  und dem Querschnitt  $Q$  gleich sein muß. Somit resultiert für die Intensität des Konvektionsstromes:

$$J = \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi} \frac{PQ}{\eta L}, \quad (20)$$

was im Falle kreisförmiger Röhren laut dem POISEUILLESchen Gesetz auch in der Form:

$$J = 2K(\varphi_i - \varphi_a) u_m \quad (21)$$

geschrieben werden kann, wenn man die mittlere Strömungsgeschwindigkeit mit  $u_m$  bezeichnet. Wird der Strömungsstrom  $J$  durch eine entgegengeschaltete Potentialdifferenz  $E$  kompensiert, so muß dieselbe offenbar betragen:

$$E = \frac{JL\sigma}{Q} = \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi} \frac{P\sigma}{\eta} \quad (22)$$

← Also sollte die elektromotorische Kraft des Strömungsstromes dem angewendeten hydrostatischen Überdruck proportional sein, ohne von Länge und Weite der Kapillare abzuhängen. Die in § 8 besprochenen Versuche von HAGA und CLARK haben dieses theoretische Resultat nur zum Teile bestätigt, indem die Unabhängigkeit von der Röhrenweite nicht klar hervortrat. Bei den Messungen CLARKS war eine Abnahme der Potentialdifferenzen mit Vergrößerung des Querschnittes unverkennbar. Dies führt jedoch HELMHOLTZ sehr richtig darauf zurück, daß, wie aus den von CLARK angegebenen Durchflußmengen hervorgeht, bei den weiteren Röhren das POISEUILLESche Gesetz auch nicht annähernd erfüllt war. In denselben hatte also die Flüssigkeitsbewegung einen turbulenten Charakter, während die Berechnung von HELMHOLTZ nur auf langsame, lamellare Strömung anwendbar ist.

Auch die Versuche EDLUNDS konnte HELMHOLTZ aus demselben Grunde nur teilweise zur Verifikation der Formel (21) verwenden.

## II. Verallgemeinerung der Helmholtzschen Theorie für Gefäße beliebiger Gestalt. Theorie der Kataphorese.

§ 16. Verallgemeinerung der Theorie durch Smoluchowski. HELMHOLTZ hat auch die Versuche WIEDEMANNs und QUINCKES an Diaphragmen zur Bestätigung seiner Formeln herangezogen, indem er jene Diaphragmen als Systeme von Kapillarröhren auffaßte. Davon kann aber wohl keine Rede sein, daß die Poren eines Tongefäßes tatsächlich geradlinige Kapillaren von konstantem Querschnitt seien, und noch weniger kann dies von den unregelmäßigen Hohlräumen der aus losen Körnern zusammengesetzten Diaphragmen QUINCKES gelten. Hier bedarf also die HELMHOLTZsche Theorie einer Ergänzung, resp. Verallgemeinerung, welche von SMOLUCHOWSKI<sup>1)</sup> gegeben worden ist.

<sup>1)</sup> M. V. SMOLUCHOWSKI, *Zeits. f. phys. Chem.* 1892, 162.

*Bull. Int. de l'Acad. d. Sc. de Cracovie, Année 1903. p. 182 [Vol. I, p. 403. 2d.]*



Die Berechnung von SMOLUCHOWSKI bezieht sich auf ein Gefäß aus isolierendem Material von ganz beliebiger Gestalt. Die Grundannahmen (1) und (3) der HELMHOLTZschen Theorie werden unverändert übernommen und Annahme (2) wird dahin verallgemeinert, daß die Flüssigkeitsbewegung eine „langsame“ Strömung sein soll, das heißt, daß in den hydrodynamischen Gleichungen die von der kinetischen Energie herrührenden Glieder  $\rho u \frac{\partial u}{\partial x}$  usw. gegenüber dem Einfluß der Zähigkeit, welchen die Glieder  $\eta \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$  usw. repräsentieren, zu vernachlässigen sind.

Diese Voraussetzung bedingt (infolge der linearen Form der Gleichungen) Proportionalität der Strömungsgeschwindigkeit mit dem wirksamen hydrostatischen Überdruck, was das experimentell kontrollierbare, charakteristische Merkmal der „langsamen“ Strömung zäher Flüssigkeiten bildet.

Ohne auf die Einzelheiten der mathematischen Analyse einzugehen, seien nur die Schlußresultate verzeichnet. Für den Fall der Elektrosinose folgt, daß die Strömungslinien der Flüssigkeit mit den elektrischen Stromlinien identisch sein müssen (mit Ausnahme der unmittelbaren Umgebung der Elektroden), so zwar daß die Geschwindigkeit an jedem Punkte gleich wird der daselbst herrschenden elektrischen Stromstärke, multipliziert mit dem Faktor  $\frac{K(\varphi_i - \varphi_a)\sigma}{4\pi\eta}$ .

←Somit wird das im Ganzen durch den Strom fortgeführte Flüssigkeitsvolumen, genau so wie im Falle zylindrischer Kapillarröhren, betragen:

$$M = \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi} \frac{J\sigma}{\eta} \quad (23)$$

←Für den elektrosmotischen Druck ergibt sich die allgemeine Formel:

$$P = \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi} \frac{J\sigma W}{\eta} \quad (24)$$

←Hierin bedeutet  $W$  den hydrodynamischen Zähigkeitswiderstand des Gefäßes, das ist die durch die Relation  $P = WM$  definierte Größe. Als Spezialfall folgt hieraus für zylindrische Röhren, mit  $W = \frac{8\eta L}{R^4\pi}$  tatsächlich die HELMHOLTZsche Formel (17).

(Für die elektromotorische Kraft der Strömungsströme erhält man den Wert:

$$E = \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi} \frac{P\sigma}{\eta}, \quad (25)$$

welcher mit der zweiten Form von (22) identisch ist.

Wie man sieht, ermöglichen diese Formeln eine einfache und ~~ganz~~ strenge Berechnung von  $(\varphi_i - \varphi_a)$  auch aus Versuchen an Diaphragmen, ohne daß man die Größe der Poren derselben zu kennen braucht, falls nur die Größen  $W$  usw. experimentell bestimmt sind.

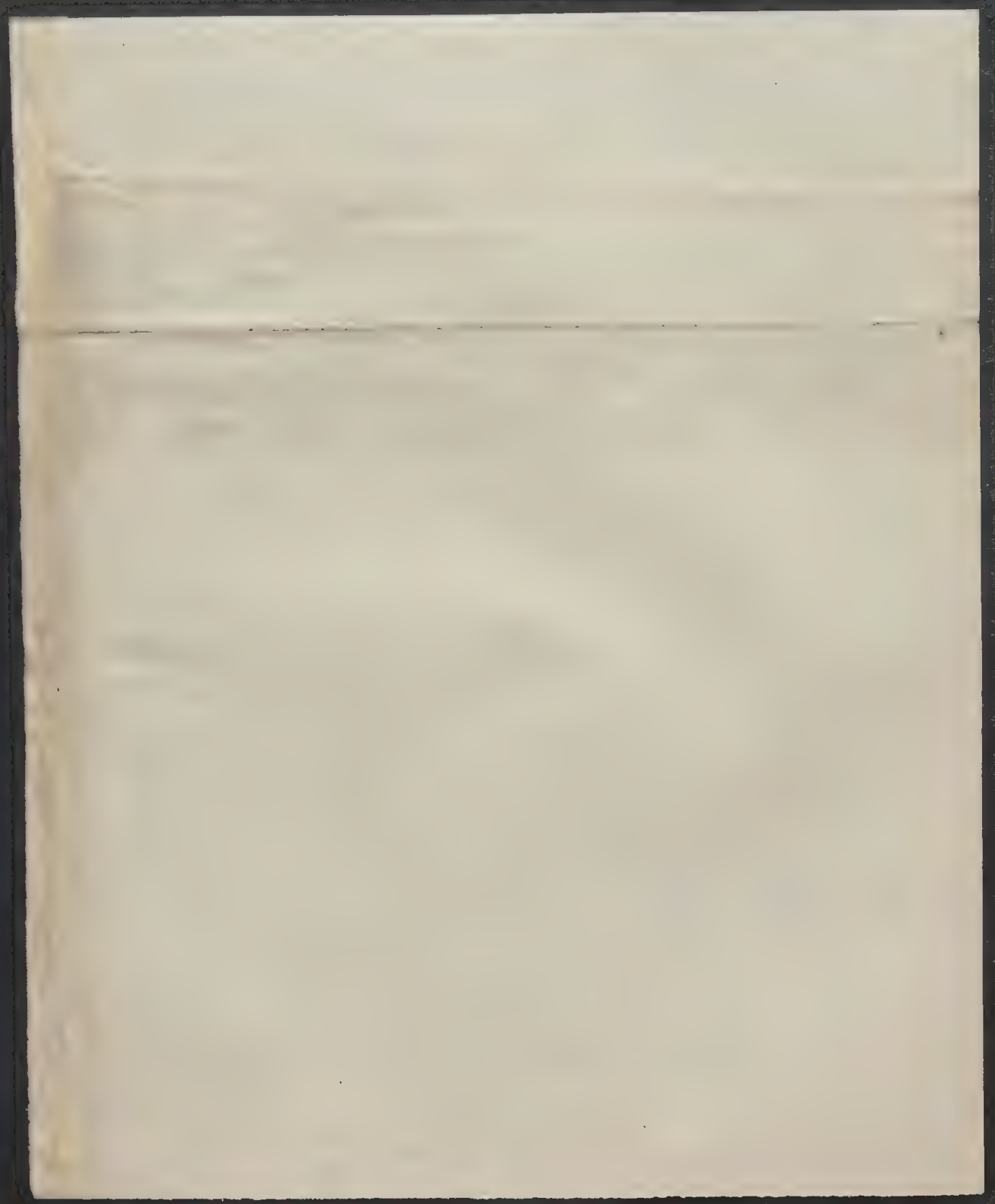
**§ 17. Vergleich mit Beobachtungsergebnissen.** Mit diesen allgemeinen Formeln können wir nun die auf Diaphragmen bezüglichen Resultate vergleichen. WIEDEMANN'S Satz (§ 2), demzufolge das Verhältnis  $M/J$  von der Oberfläche und Dicke der Tonplatte unabhängig ist, wird durch Formel (23) dargestellt. Ebenso stimmt die empirische Formel (1) § 3 mit (24), da ja der Widerstand  $W$  der Tonplatte proportional ist mit dem Verhältnis der Dicke zur Oberfläche. Jene Formel scheint auch eine Bestätigung der Abhängigkeit vom Leitungswiderstand  $\sigma$  zu geben, indem für Lösungen verschiedener Konzentration  $(\varphi_i - \varphi_a)$  konstant bleiben würde, doch widersprechen dem die genauen Zahlenwerte der Versuche, sowie die ausführlichen Untersuchungen FREUND'S. Man muß also schließen, daß die Potential-

1) [ Une erreur s'est glissée ici dans le texte. La vitesse  $V$  est bien proportionnelle à l'expression

$$K(\varphi_i - \varphi_a)/\eta ;$$

<sup>mais</sup>  
~~cependant~~ la valeur du coefficient  $\underline{C}$  de proportionnalité dépend essentiellement de la figure géométrique de la particule qui est en mouvement. Ainsi, l'on trouve pour  $\underline{C}$  la valeur  $1/6\pi$  si l'on suppose que la conformation de la particule est exactement sphérique ; dans le cas d'un corps cylindrique on a  $\underline{C} = 1/4\pi$ . Voir P. Debye ; Er. Hückel *Phys. Zeitschrift*, vol. 25, p. 49, 1924 ; Er. Hückel *Phys. Zeitschrift*, vol. 25, p. 204. 1924. Ed. ]

2) Er. F. Burton *Phil. Mag.* 11. p. 439, 1906.





<sup>3)</sup> [Ce raisonnement est vicié par l'erreur  
à laquelle nous avons déjà fait allusion  
(page ci-dessus). L'équation (26) corri-  
gée donne pour la vitesse  $V$  la valeur  
 $\underline{e} / 6\pi a \eta$ , non pas  $\underline{e} / 4\pi a \eta$ . {d.}]



differenz ( $\varphi_i - \varphi_a$ ) von der Natur und Konzentration der Lösung abhängt, was ja von vornherein durchaus wahrscheinlich ist und heute durch später zu besprechende Versuche (Abschnitt C) als unzweifelhaft erwiesen betrachtet werden muß.

Auch was die Strömungsströme anbelangt, wird die Theorie durch die QUINCKE'schen Diaphragmenversuche (§ 7) bestätigt, insofern als dieselben Proportionalität von  $E$  und  $P$ , unabhängig von Größe und Dicke der Diaphragmen, ergeben haben. Leider sind jedoch jene Messungen nicht zur quantitativen Berechnung von ( $\varphi_i - \varphi_a$ ) verwendbar, da der Leitungswiderstand  $\sigma$  der angewendeten Flüssigkeiten nicht bestimmt wurde.

§ 18. Theorie der Kataphorese suspendierter Teilchen. Die Verallgemeinerung der HELMHOLTZ'schen Theorie auf Gefäßwände beliebiger Gestalt bot SMOLUCHOWSKI auch das Mittel, die Kataphorese kleiner Teilchen quantitativ zu berechnen. Stellen wir uns eine Kugel aus isolierendem Material in einer unendlich ausgedehnten Flüssigkeit vor, welche in der Richtung der X-Achse von einem elektrischen Strom (mit der Stromdichte  $i$ ) durchflossen wird.)

Die elektrischen Stromlinien verlaufen an der Kugel-Oberfläche in tangentialer Richtung und setzen, falls die Kugel unbeweglich ist, die angrenzenden geladenen Flüssigkeitsschichten in Bewegung; diese ziehen die übrige Flüssigkeit nach sich, so zwar, daß dieselbe dem vorher abgeleiteten Satze gemäß in größerer Entfernung von der Kugel eine gleichförmige Geschwindigkeit  $\frac{K(\varphi_i - \varphi_a)\sigma i}{4\pi\eta}$  annimmt.)

Ist dagegen die Flüssigkeit unbeweglich, aber die Kugel verschiebbar, so muß sie sich offenbar mit derselben Geschwindigkeit dem Strom entgegen bewegen, und ganz dieselbe Rechnung bleibt auch für einen Körper von ganz beliebiger Gestalt gültig. Im Potentialgefälle Eins werden also derartige Körper ganz unabhängig von ihrer Größe und Gestalt, mit einer „kataphoretischen“ Geschwindigkeit:

$$V = \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi\eta} \quad (26)$$

in der Richtung gegen die Anode zu wandern.) Es gilt hierin das absolute elektrostatische Maß, drückt man also  $\varphi_i - \varphi_a$  in Volt aus und bezieht das Potentialgefälle auf Volt/cm als Einheit, so ist noch der Faktor  $(1/300)^2$  einzuführen. Handelt es sich z. B. um Glasparkeln in Wasser, so kann man nach QUINCKE'S Versuchen für ( $\varphi_i - \varphi_a$ ) den Wert 0,05 Volt annehmen und erhält so  $V = 0,00034$  cm/sec.

§ 19. Vergleich mit Beobachtungen von Quincke, Burton, R. Ellis u. a. QUINCKE beobachtete tatsächlich, daß die Geschwindigkeit von Lycopodiumteilchen der Stromintensität proportional war, und man kann aus seinen Angaben (siehe § 6) den Wert  $V = 0,00035$  errechnen, doch läßt sich eine eingehende Vergleichung mit der Formel (26) nicht ausführen, da hierin die unbekannte Größe ( $\varphi_i - \varphi_a$ ) für Lycopodium-Wasser eingeht, und außerdem, da QUINCKE in seinen Messungen den Einfluß der elektromotischen Flüssigkeitsströmungen nicht eliminierte.

Ob die Korngröße die Wanderungsgeschwindigkeit beeinflusst, hat QUINCKE nicht eigens untersucht. In diesem Punkte sind dessen Versuche durch neuere Arbeiten wesentlich ergänzt worden, welche an dieser Stelle kurz besprochen werden mögen. So scheint eine Beobachtung von BURTON<sup>2)</sup> die Unabhängigkeit der kataphoretischen Geschwindigkeit von der Teilchengröße zu erweisen. Derselbe stellte nach dem BREDIG'schen Verfahren drei kolloidale Silber-Suspensionen von verschiedener Teilchengröße her, indem er Bogenentladungen unter Anwendung von verschiedenen Stromstärken zwischen Silberelektroden in Wasser einleitete. Die kataphoretischen Wanderungsgeschwindigkeiten betrugen 19,7, 19,6, 19,3  $\cdot 10^{-5}$  cm/sec,

<sup>2)</sup> E. F. BURTON, Phil. Mag. 11. 439. 1906.



waren also innerhalb der Versuchsfehler gleich. Überdies spricht auch das Bestehen einer scharfen Grenzfläche zwischen Suspension und reiner Flüssigkeit bei der Kataphorese nach WHITNEY und BLAKES Methode (siehe §58) für eine gleiche Wanderungsgeschwindigkeit aller Teilchen.

COTTON und MOUTON<sup>1)</sup>, sowie RIDSDALE ELLIS<sup>2)</sup> bemerken zwar bei Anwendung mikroskopischer Beobachtungsmethoden, daß die Geschwindigkeit von der Teilchengröße abhängt, doch scheint sich dies nur auf die in der Nähe der Wand befindlichen Teilchen zu beziehen. Eine solche Erscheinung ist auch nach der Theorie vorzusehen, denn das homogene Potentialgefälle wird infolge Anwesenheit eines nicht leitenden Teilchens in der Nähe der Wand modifiziert. Also wird auch die kataphoretische Geschwindigkeit von Teilchen, die sich nahe der Wand befinden, eine andere sein als im Inneren der Flüssigkeit, und zwar muß dieser Unterschied von dem Verhältnis der Teilchengröße zur Entfernung von der Wand abhängen. Eine genauere quantitative Untersuchung dieser Verhältnisse ist noch ausständig.

§ 20. Korrektion infolge Strömung des umgebenden Mediums. Überdies übt die Wand noch einen anderen störenden Einfluß aus, den wir schon anlässlich der QUINCKESchen Versuche erwähnten. Die derselben anliegende Doppelschichte muß nämlich eine tangentielle Bewegung der äußeren Flüssigkeitsschichte hervorrufen, wie bei gewöhnlicher elektrischer Endosmose, welche im Falle eines geschlossenen Gefäßes mit einem Rückströmen der Flüssigkeit im Innern verbunden sein muß; und diese Strömungen müssen sich über die Eigenbewegung der Teilchen superponieren.<sup>3)</sup>

Eingehendere quantitative Untersuchungen hierüber hat RIDSDALE ELLIS ~~angestellt~~ angestellt. Dieser Autor hat die Geschwindigkeiten  $V'$  von Tröpfchen einer Ölemulsion in verschiedenen Tiefen  $x$  innerhalb der 0,6 mm dicken Flüssigkeitsschichte zwischen Objektträger und Deckglas gemessen und hat dabei folgende Werte gefunden:

$x$	0	0,013	0,027	0,040	0,053	0,062	0,133	0,173	0,213	0,267	0,333	mm
$V'$	-0,95	-0,66	0,00	+0,55	+0,72	+1,39	+3,00	+4,00	+5,00	+5,40	+5,50	$10^{-4}$ cm/sec.

Ist  $v$  die Geschwindigkeit des Wassers,  $V$  jene der Teilchen relativ gegen das Wasser, so wird die beobachtete Geschwindigkeit  $V' = V + v$ ; da nun  $\int v dx = 0$  sein muß, folgert R. ELLIS, daß die wahre kataphoretische Geschwindigkeit  $V$  gleich ist der mittleren Geschwindigkeit

$$V = \frac{1}{x} \int V' dx,$$

welche sich durch graphische Integration ermitteln läßt. Anstatt dieser mühsamen Operation benutzt aber der Autor in der Folge ein anderes Verfahren, indem er die Geschwindigkeiten  $V$  aus den in der Mitte und an der Oberfläche beobachteten Werten von  $V'$ , welche wir mit  $V'(\frac{1}{2})$  und  $V'(0)$  bezeichnen, mittels der rein empirischen Formel ableitet:

$$V = 0.361 V'(0) + 0.639 V'(\frac{1}{2}) \quad (27)$$

Es ist nun leicht, für diesen Fall nach (13) eine rationelle Formel abzuleiten, wenn man die Gesetze der Strömung zäher Flüssigkeiten zwischen parallelen Wänden heranzieht. Diesen zufolge wird die Geschwindigkeit  $v$  gegeben sein durch:

$$v = v_0 \left[ 1 - 6 \left\{ \frac{x}{d} - \left( \frac{x}{d} \right)^2 \right\} \right] \quad (28)$$

<sup>1)</sup> A. COTTON u. H. MOUTON, Journ. chim. phys. **4**, 365, 1906; C. R. **138**, 1584, 1904.

<sup>2)</sup> RIDSDALE ELLIS, Zeitschr. f. phys. Chem. **78**, 321, 1911; siehe § 62.

<sup>3)</sup> COTTON u. MOUTON führen (l. c.) einige Beobachtungen an, welche sich mit der hier dargelegten Auffassung schwer vereinigen lassen. Weitere Aufklärung hierüber, wie auch über die angeblich nach QUINCKE bei stärkeren Strömen eintretende Umkehr der Bewegung ist wünschenswert.

wo  $v_0$  die Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche,  $d$  die Gesamtdicke der Flüssigkeitsschichte bedeutet. Hieraus folgt:

$$V'(0) = V + v_0; V' \left( \frac{1}{2} \right) = V - \frac{v_0}{2};$$

$\frac{1}{2}$  maß  
abnehmend

und für den gesuchten Wert  $V$  erhält man die Formel:

$$V = \frac{1}{3} V'(0) + \frac{2}{3} V' \left( \frac{1}{2} \right) \quad (29)$$

welche im übrigen, entgegen der Ansicht von R. ELLIS, unabhängig von der Dicke der Schichte und von der Zähigkeit der Flüssigkeit gelten soll. Die Abhängigkeit der Geschwindigkeit  $V'$  von  $x$  wäre durch eine Parabel dargestellt. Tatsächlich stimmen die Messungen von R. ELLIS hiermit nahe überein, so daß man dies wohl als eine schöne Bestätigung der Theorie der elektromotischen Erscheinungen ansehen kann.

Die Abweichung der Zahlenkoeffizienten der Formel (27) von (29) dürfte vielleicht auf die vorher erwähnte, die Größe von  $V'(0)$  beeinflussende Fehlerquelle zurückzuführen sein. Daher wäre es wohl zweckmäßiger, die Geschwindigkeit an der Oberfläche  $V'(0)$  (welche sich ohnehin nur durch Extrapolation genau bestimmen läßt) ganz von der Formel auszuschließen und z. B. als Grundlage der Berechnung

die Geschwindigkeiten in den Tiefen  $\left[ \frac{d}{2} \right]$  und  $\left[ \frac{d}{6} \right]$  zu benutzen, wofür man erhält:

$$V = \frac{3}{4} V' \left( \frac{1}{6} \right) + \frac{1}{4} V' \left( \frac{1}{2} \right) \quad (30)$$

max  
abnehmend

$\frac{1}{2} d$   
 $\frac{1}{6} d$

← Auch könnte man die Geschwindigkeit einfach in der Tiefe

$$x = d \left( \frac{1}{2} \pm \frac{1}{12} \right) \quad (31)$$

beobachten, wo  $v$  verschwindet und daher direkt  $V = V'$  wird.)

(Erst diese Untersuchungen haben die Ableitung quantitativ genauer Resultate mittels der mikroskopischen Methode ermöglicht.)

Für kreisförmige Röhren würde in analoger Weise folgen, daß die Geschwindigkeit  $V'$  in der Mitte gleich ist der Differenz  $V' = V - v_0$ , an der Röhrenoberfläche gleich der Summe  $V' = V + v_0$ . Auf weite Röhren, wie sie WHITNEY und BLAKE, BURTON u. a. bei ihren Untersuchungen über Kataphorese kolloidaler Lösungen (§ 58) gebrauchten, sind diese Formeln wohl nicht anwendbar, da sie eine stationäre lamellare Strömung voraussetzen.

Überraschend ist übrigens die Raschheit, mit welcher sich die kataphoretische Bewegung einstellt; dieselbe wird durch eine Beobachtung von COTTON und MOUTON (Lehrbuch) charakterisiert, welche durch Wechselströme hin und hergehende Bewegungen, durch ein elektrostatisches Drehfeld kreisförmige Bewegungen der Teilchen hervorbrachten.

§ 21. Zusammenhang mit Wanderung der elektrolytischen Ionen. Ein bemerkenswerter Umstand ist, wie SMOLUCHOWSKI (Lehrbuch) hervorhebt, die Übereinstimmung der Größenordnung der kataphoretischen Geschwindigkeiten mit der Wanderungsgeschwindigkeit elektrolytischer Ionen (und zwar der langsamsten unter denselben). Im Bestreben, einen inneren Zusammenhang beider Erscheinungen herzustellen, haben sich manche Autoren (BILLITER, W. C. LEWIS, R. ELLIS)<sup>1)</sup> verleiten lassen, die elektrische Kataphorese als eine zu der Bewegung elektrisch geladener Tröpfchen in Luft analoge Erscheinung anzusehen, und haben sogar versucht, die „elektrischen Ladungen“ der Teilchen aus dem STOKESSchen Widerstandsgesetz abzuleiten.

<sup>1)</sup> J. BILLITER, l. c. § 60. — W. C. LEWIS, Zeitschr. f. Chem. u. Ind. d. Kolloide. 4. 211. 1909. — R. ELLIS, Zeitschr. f. phys. Chem. 78. 321. 1911.

Demgegenüber sei auf die fundamentalen Unterschiede beider Erscheinungen hingewiesen: Die von MILLIKAN<sup>1)</sup> u. a. untersuchten Tröpfchen befinden sich in ionenfreier, isolierender Luft; sie werden dank ihrer statischen Ladung durch das äußere Feld bewegt, wobei die Luft als zähes reibendes Medium wirkt, in welchem das STOKESSche Stromsystem<sup>2)</sup>:

$$\left. \begin{aligned} u &= c \left( 1 - \frac{3}{4} \frac{a}{r} - \frac{1}{4} \frac{a^3}{r^3} \right) - \frac{3}{4} \frac{c a x^2}{r^3} \left( 1 - \frac{a^2}{r^2} \right) \\ v &= - \frac{3}{4} \frac{c a x y}{r^3} \left( 1 - \frac{a^2}{r^2} \right) \text{ usw.} \end{aligned} \right\} \quad (32)$$

(in bezug auf die ruhend gedachte Kugel vom Radius  $a$ ) entsteht.)

275 Dagegen ist die Ladung der elektrischen Doppelschicht der von R. ELLIS untersuchten, in Wasser suspendierten Öltröpfchen im ganzen gleich Null. Sie bewegen sich dadurch, daß sie die umgebende Flüssigkeit infolge Verschiebung der äußeren Doppelschicht-Belegung aktiv in Bewegung setzen, so daß um die Kugel ein Stromsystem entsteht:

$$\left. \begin{aligned} u &= c \left( 1 + \frac{a^3}{2 r^3} - \frac{3 a^3 x^2}{2 r^5} \right) \\ v &= - \frac{3 a^3 x y}{2 r^5} \text{ usw.} \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

Die Anwendung des STOKESSchen Widerstandsgesetzes hat da gar keinen Sinn. So stellt sich die Sache wenigstens, falls die Doppelschichttheorie der elektromotischen Erscheinungen richtig ist, woran zu zweifeln wir vorderhand keinen Grund haben.)

(Dagegen könnte man in etwas gewagter Weise umgekehrt die Wanderung der Ionen als einen Extremfall der Formel (26) auffassen. Denn die kataphoretische Geschwindigkeit ist vom Radius unabhängig; wenn man sich nun ein Anion als geladene Kugel vorstellt, so bildet deren Oberfläche die „äußere“ Doppelschichtbelegung, während die „innere“ Belegung durch die Endpunkte der von der Kugel ausgehenden Kraftlinien dargestellt wird. Handelt es sich um stark verdünnte Lösungen, so befinden sich jene Endpunkte, nämlich die Kationen, in einer im Vergleich zum Kugelradius erheblichen Entfernung; daher ist näherungsweise die Potentialdifferenz:

$$K(\varphi_i - \varphi_a) = \frac{e}{a}$$

(wo  $e$  die Ladung,  $a$  den Radius des Anions bedeutet.)

Somit ergibt sich<sup>3)</sup> die Formel:

$$V = \frac{e}{4 \pi a \eta}$$

← Andererseits würde die Extrapolation der auf MILLIKANS Öltröpfchen bezüglichen STOKESSchen Formel ein nur im Zahlenkoeffizienten verschiedenes Resultat ergeben:

$$V = \frac{e}{6 \pi a \eta}$$

276 Selbstverständlich sind beide Formeln auf den Fall von Ionen nicht strenge anwendbar, aber bekanntlich stimmt die Größenordnung des so errechneten  $a$  annähernd mit den Molekularradien, und obige Überlegung mag auch den scheinbaren

<sup>1)</sup> R. A. MILLIKAN, Phys. Ztschr. 11, 1907, 1910.

<sup>2)</sup> Vgl. z. B. LAMB, Lehrb. d. Hydrodynamik, 1907, p. 683.



Zusammenhang der kataphoretischen und elektrolytischen Wanderungsgeschwindigkeiten teilweise erklären. Weitere Aufklärung muß einer künftigen Theorie der Doppelschichten vorbehalten bleiben.

§ 22. Theorie der kataphoretischen Ströme. Bei dieser Gelegenheit möchte Referent auch einige Bemerkungen einschalten, welche das zur Kataphorese inverse Phänomen betreffen: nämlich die Erzeugung von elektrischen Strömen durch Bewegung fester Körper in einer Flüssigkeit.

Da auch in diesem Falle die elektromotorische Kraft durch relative Bewegung von Flüssigkeit und festem Körper hervorgerufen wird, sind hier die allgemeinen Gleichungen für Strömungsströme (25) in unveränderter Form maßgebend:

$$\Phi_2 - \Phi_1 = \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi} \cdot \frac{\sigma(\rho_2 - \rho_1)}{\eta}$$

Handelt es sich z. B. um langsame Bewegung einer Kugel in einer unendlich ausgedehnten zähen Flüssigkeit, so ist der hydrostatische Überdruck in der Umgebung derselben:

$$\rho_2 - \rho_1 = \frac{3}{2} \eta V R \frac{\cos \varphi}{r^2} \quad (34)$$

wo  $V$  die Geschwindigkeit der Kugel,  $R$  deren Radius,  $\varphi$  den Winkel zwischen dem Radiusvektor  $r$  und der Bewegungsrichtung bedeutet.

Daher wird das Potential in der Umgebung der Kugel

$$\Phi = \frac{3K(\varphi_i - \varphi_a)}{8\pi} V R \sigma \frac{\cos \varphi}{r^2}$$

oder nach Einführung des STOKESSchen Fallgesetzes:

$$\Phi = \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi} \frac{R^3 \sigma (\varphi_i - \varphi_a) \eta}{3\eta} \frac{\cos \varphi}{r^2} \quad (35)$$

← Die entstehende elektromotorische Kraft würde somit auf wachsende Entfernung  $r$  von der Kugel rasch abnehmen.

Wesentlich anders steht aber die Sache, wenn die Kugel sich innerhalb einer Röhre bewegt, oder wenn es sich z. B. um eine aus zahlreichen derartigen Kugeln bestehende Suspension handelt. In letzterem Falle ist der wirksame Überdruck gleich dem scheinbaren Gewicht der Kugeln, deren Anzahl  $n$  pro Volumeinheit sein möge, also würde die pro Längeneinheit der Röhre entfallende Potentialdifferenz betragen:

$$E = \frac{K(\varphi_i - \varphi_a) \sigma}{3\eta} R^3 (\varphi_i - \varphi_a) n \quad (36)$$

§ 23. Versuche von Dorn, Billiter, Mäkel. Beobachtungen solcher kataphoretischen Ströme sind tatsächlich von DORN<sup>1)</sup> angestellt worden, welcher Glasperlen oder Sand in einer mit Wasser gefüllten Röhre durch Umlegen derselben niedersinken ließ und dabei das Entstehen einer galvanometrisch meßbaren Potentialdifferenz zwischen zwei Elektroden konstatierte, welche in seitlichen Ansatzstücken nahe den Enden der Röhre eingeschmolzen waren. Das Galvanometer setzte sich mit dem Momente in Bewegung, wo die Teilchen ihre Fallbewegung begannen, und zeigte dabei einen von der oberen Elektrode ausgehenden Strom an; mit Aufhören der Fallbewegung kehrte es fast vollständig in seine Ruhelage zurück. ← DORN selbst erklärt dies ganz richtig als die zur Kataphorese inverse Erscheinung: „die Körperchen sind negativ, die unmittelbar angrenzende Wasserschicht positiv elektrisch; infolge der Bewegung bleiben positiv geladene Wasserteilchen zurück,

<sup>1)</sup> E. DORN, Wied. Ann. 10. 70. 1880.  
GRAETZ, Elektrizität. II.

$\varphi_i : E = \frac{1}{2000} \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot \frac{1}{R^3} \cdot \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{1}{(\varphi_i - \varphi_a)} \cdot \frac{1}{n}$

während die negative Elektrizität auf der vorangehenden Seite des Körperchens dem durchlaufenen Wasser positive Elektrizität entzieht und negative frei macht. Die freigewordenen Elektrizitäten vereinigen sich durch das Wasser und den Galvanometerdraht“. Leider sind jedoch keine Zahlenangaben vorhanden, welche einen quantitativen Vergleich der Formeln (35) oder (36) ermöglichen würden<sup>1)</sup>.

Später sind analoge Versuche noch von BILLITER<sup>2)</sup> und MÄKELT<sup>3)</sup> angestellt worden, jedoch größtenteils mit Benutzung von leitenden Körpern, wie Metallpulver, Metalldraht, Metallfolie (meistens Silber) zwischen Elektroden von gleichem Metall und zwar meist in Lösungen von Salzen des benutzten Metalls. Dabei erhält man stärkere und länger dauernde Effekte und die Resultate unterscheiden sich, wenigstens bei MÄKELT, welcher die Stromzeitkurven graphisch angibt, darin, daß erst im Momente des Auftreffens auf die untere Elektrode ein Stromstoß erfolgte, welcher dann rasch zu einem mehrere Minuten konstanten Wert absank, oder auch, daß von jenem Momente an der Strom allmählich zu einem konstanten Wert asymptotisch anstieg.)

(Allerdings war auch die Versuchsanordnung etwas anderes als wie bei DORN, indem MÄKELT ein relativ kurzes und weites Rohr benutzte, und die Teilchen bis auf die untere Elektrode fielen, was mehr den Bedingungen der Formel (35) entsprechen würde.

Inwiefern sich letztere Versuche in die obige Theorie einordnen lassen, ist übrigens noch ganz ungewiß, da in derselben die Isolationsfähigkeit der Teilchen eine wesentliche Rolle spielt. Jedenfalls ist der kataphoretische Strömungsstrom nur während des Fallens tätig, und die nachher andauernden Stromreste können wohl nur auf sekundären Konzentrations- und Polarisationserscheinungen beruhen. Siehe übrigens betreffs Einflusses der Elektroden § 35, betreffs BILLITERS Theorie § 31, 67, 69.

(Nachtrag bei der Konstatierung.) Interessantes quantitatives Versuchsmaterial über kataphoretische Ströme, welches die in § 22 entwickelte Theorie derselben in schöner Weise bestätigt und teilweise ergänzt, ist ~~ebenfalls~~ von J. STOCK<sup>4)</sup> erbracht worden. Es wurde Nitrobenzol mit feinem suspendierten Quarzpulver in eine 200 cm lange Glasröhre eingefüllt, welche mit fünf in seitlichen Ansätzen angebrachten Elektroden versehen war. Die zwei äußersten derselben konnten behufs Messung der Leitfähigkeit mit einer Spannung von 120 Volt und einem Galvanometer verbunden werden, die übrigen dienten zur Messung der Potentialdifferenz (mittels Elektrometers) zwischen zwei um 110 cm beziehungsweise 55 cm entfernten Punkten der Röhre.)

(Die durch das langsame Niedersinken des Quarzpulvers bewirkte Potentialdifferenz  $E$  war bei Anwendung einer gleichförmigen Suspension proportional dem Abstand der Elektroden und stimmte in bezug auf die Abhängigkeit von der Menge des eingefüllten Pulvers und von der Leitfähigkeit der Suspension mit der vom Referenten aufgestellten Formel (36) überein, indem das Produkt aus Elektrometer- und Galvanometer-Ausschlag sehr nahe proportional der angewendeten Quarzpulvermenge zunahm.)

(Doch wuchs die Potentialdifferenz  $E$  nur bei geringen Pulvermengen proportional mit denselben; bei wachsender Menge strebte sie einem Maximalwert von ca. 4 Volt zu, was sich aus der Abhängigkeit des mittleren Widerstandes der Suspension  $\sigma$  von der in ihr enthaltenen Quarzmenge erklärt, indem  $\sigma$  mit Zunahme derselben infolge der in § 37 besprochenen Oberflächenleitung abnimmt.

<sup>1)</sup> Im Falle der Glasperlen handelt es sich übrigens sicher um turbulente Bewegungen, welche außerhalb der Gültigkeitsgrenzen jener Formeln stehen. Vgl. § 34.

<sup>2)</sup> J. BILLITER, Ann. d. Phys. **11**. 921, 937. 1903; Wien. Ber. (2a). **113**. 861. 1904.

<sup>3)</sup> E. MÄKELT, Dissert. Dresden 1909. — H. FREUNDLICH u. E. MÄKELT, Ztschr. f. Elektroch. **15**. 165. 1909.

<sup>4)</sup> J. STOCK, ~~Kochi Ann.~~ A 1913. p. 131.

(Bull. Int. de l'Acad. d. Sc. de Paris)

1278

1279

In einer weiteren Arbeit<sup>1)</sup> hat STOCK diese Versuche auf andere Flüssigkeiten, von großem spezifischen Widerstand  $\sigma$ , nämlich Äther und Toluol, ausgedehnt. Für Äther ergibt sich ein Wert  $(\varphi_i - \varphi_a) = 0,0035$  Volt, dessen Kleinheit im Verein mit dem geringen Werte der Dielektrizitätskonstante  $K$  die Tatsache erklären dürfte, daß QUINCKE und FERRIN bei Anwendung von Äther keine Elektromose bemerkten. Toluol, dessen Verhalten sonst etwas abweichend ist, wies die größten bisher beobachteten Potentialdifferenzen  $E$  (gegen 80 Volt) auf. Das Zeichen derselben war dasselbe wie bei Wasser, Nitrobenzol und Äther.

### III. Lambs Theorie.

§ 24. Modifikation der Helmholtzschen Theorie durch Lamb. Außer dieser, auf HELMHOLTZS Anschauungen aufgebauten Theorie gibt es noch eine etwas abweichende Theorie der elektromotischen Erscheinungen, welche von LAMB<sup>2)</sup> herührt. LAMB verwirft die HELMHOLTZSche Annahme (1), daß die Bewegung der Flüssigkeit innerhalb des Bereiches der Doppelschichte den gewöhnlichen Gleichungen zäher Flüssigkeiten Genüge leiste, sowie die später eingeführte Annahme, daß die äußerste Schichte derselben an der festen Wand unbeweglich hafte.)

(Er betrachtet die Doppelschichte als einen Kondensator, dessen Belegungen eine Distanz  $d$  besitzen, und dessen innere, der Flüssigkeit angehörende Belegung sich längs der anderen gleitend verschieben könne, so zwar, daß sie unter Einfluß einer tangentialen Kraft  $X$  eine Geschwindigkeit  $u = X/\beta$  annehme, wo  $\beta$  der Koeffizient der gleitenden Reibung ist.)

(Da unter dieser Annahme die Kraft  $X$  gleich ist dem Produkt der Ladungsdichte des Kondensators und des äußeren tangentialen Potentialgefälles  $\partial\Phi/\partial x$ , so folgt:

$$X = \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi d} \frac{\partial\Phi}{\partial x} = \beta u \quad (37)$$

Somit wird sich die innere Kondensatorbelegung mit der Geschwindigkeit

$$\frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi d} \frac{J\sigma}{Q\beta}$$

in der Richtung der  $X$ -Achse bewegen, und die ganze Flüssigkeit im Kapillarrohr wird dieselbe Geschwindigkeit annehmen, falls kein hydrostatischer Druck entgegenwirkt, so daß das gesamte elektromotisch übergeführte Volumen betragen wird:

$$M = \frac{J\sigma}{\beta} \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi d} \quad (38)$$

Wird der Koeffizient  $\beta$  gleich  $\beta = \eta/l$  gesetzt, so sehen wir, daß diese Formel mit der HELMHOLTZSchen (14) identisch wird, nur daß  $(\varphi_i - \varphi_a)$  durch  $\left| \frac{l(\varphi_i - \varphi_a)}{d} \right|$  ersetzt ist. Ebenso erhält man mittels ziemlich einfacher Überlegungen die übrigen Formeln (17), (22), (26), aber alle noch mit dem Faktor  $\frac{l}{d}$  versehen.

§ 25. Vergleich beider Theorien. Sämtliche vorher erwähnten Versuche kann man somit natürlich in gleicher Weise auch als Bestätigung der LAMBSchen Theorie ansehen, und es läßt sich aus denselben kein direkter Anhaltspunkt zur Entscheidung zwischen den beiden Anschauungen gewinnen, so lange  $(\varphi_i - \varphi_a)$  nicht auf andere Weise bestimmt wird.

*Bull. Int. de l'Acad. d. Sc. de Cracovie A. 1914. p. 95.*

<sup>1)</sup> Welche demnächst in dem Krak. Anz. 1914 erscheinen wird.

<sup>2)</sup> H. LAMB, Phil. Mag. 25. 52. 1888.



Der Unterschied beruht im Grunde darauf, daß HELMHOLTZ einen kontinuierlichen Übergang des Bewegungs- und Ladungszustandes annimmt, LAMB dagegen einen diskontinuierlichen. Würde die Dicke der Doppelschichte kleiner sein als Moleküldimensionen, so wäre wahrscheinlich LAMBS Berechnungsmethode passender, ist sie dagegen erheblich größer, so wird HELMHOLTZS Anschauung der Wahrheit näher kommen. Da wir aber bezüglich jener Größe bisher auf sehr unsichere Vermutungen angewiesen sind, kann man von vornherein keine Entscheidung fällen.<sup>1)</sup> Gewissen, später näher zu entwickelnden Anschauungen FREUNDLICHs u. a. zufolge würde allerdings die HELMHOLTZsche Theorie besser entsprechen.

Übrigens hat HELMHOLTZ, wie schon bemerkt wurde, selbst auch die Möglichkeit einer Gleitung ins Auge gefaßt und hat für den elektromotischen Druck an Stelle von (15) die allgemeine Formel abgeleitet:

$$P = \frac{2K \left( \varphi_i - \varphi_a + \zeta \frac{\partial \varphi}{\partial N} \right) E}{\pi (R^2 + 4R\zeta)} \quad (39)$$

Daß QUINCKES Versuche umgekehrte Proportionalität mit  $R^2$  ergeben haben, sah er jedoch als Beweis dafür an, daß der Gleitungskoeffizient  $\zeta$  gleich Null sei. Nun ist es ja allerdings möglich, daß die Größe  $4\zeta$  gegenüber  $R$  verschwindet, und daß trotzdem das Glied  $\zeta \partial \varphi / \partial N$  im Zähler ausschlaggebend auftritt. Andererseits ist aber zu bemerken, daß bisher ein Gleiten von tropfbaren Flüssigkeiten längs fester Wände noch nie einwandfrei konstatiert worden ist<sup>2)</sup>, daß selbst für die kleinsten von PERRIN untersuchten Kügelchen sich das STOKESSche Widerstandsgesetz als gültig erwiesen hat, und daß sogar die Anwendung auf elektrolytische Ionen Resultate ergibt, die der Größenordnung nach richtig sind. Es sind also die auf Kontinuität beruhenden hydrodynamischen Gleichungen für Flüssigkeiten angenähert anwendbar, selbst falls es sich um Bewegungen innerhalb von Gebieten handelt, die wenig größer sind als Moleküldimensionen.

Da übrigens die Formeln der HELMHOLTZschen Theorie einfacher sind als die der LAMBSchen Theorie, welche den vollständig unbestimmten Koeffizienten  $\left[ \frac{l}{d} \right]$  enthalten, erscheint es naturgemäß, sich an die ersteren zu halten, solange nicht ihre Unhaltbarkeit nachgewiesen ist. Auch kann die Tatsache, daß bei verschiedenen Temperaturen sich fast konstante Potentialdifferenzen  $(\varphi_i - \varphi_a)$  ergeben, als ein für jene Formeln sprechender Wahrscheinlichkeitsgrund angesehen werden, da dieselben somit tatsächlich die Abhängigkeit von der Zähigkeit richtig darzustellen scheinen<sup>3)</sup> (Vergl. § 29<sub>2</sub>).

#### IV. Weitere Prüfungen der theoretischen Formeln.

§ 26. Versuche von Dorn. Wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich, ist eine Prüfung der Theorie im Bereiche der hier behandelten Erscheinungen nur insofern ausführbar, daß man für bestimmte Flüssigkeiten und Wandsubstanzen die Werte  $K(\varphi_i - \varphi_a)$  (resp.  $\frac{KI(\varphi_i - \varphi_a)}{d}$  nach LAMB) aus Messungen berechnet, welche unter verschiedenen Versuchsbedingungen angestellt sind, und dieselben untereinander vergleicht. Insbesondere handelt es sich um den Vergleich der mittels der Methoden der Elektromose und der Strömungsströme erhaltenen Resultate.

<sup>1)</sup> Siehe dagegen die neuesten Versuche von STOCK, § 37 ~~unverändert~~.

<sup>2)</sup> Die entgegengesetzten Resultate von HELMHOLTZ u. PIOTROWSKI werden heute nicht anerkannt. — Vgl. BRILLOUIN, Leçons sur la Viscosité. Paris 1907. — ARNOLD, Phil. Mag. 22. 755. 1911. Für Gase ist allerdings die Gleitung sicher nachgewiesen und quantitativ gemessen.

Da nun die früher erwähnten Versuche von CLARK und HAGA über Strömungsströme die Berechnung jener Größen nicht ermöglichten und auch infolge Abweichung vom POISEUILLESchen Gesetz Mißtrauen erregten, stellte DORN<sup>1)</sup> weitere elektrometrische Messungen der mittels Durchpressens von Wasser durch Glaskapillaren erzeugten elektromotorischen Kraft an, wobei auch die Leitfähigkeit und die übertretende Flüssigkeitsmenge bestimmt wurden. Nachstehend geben wir die aus den Versuchsergebnissen nach Formel (22) berechneten  $\varphi_i - \varphi_a$  wieder, wobei auch Länge, Weite der Röhren, der angewendete Druck und der gemessene spez. Widerstand  $\sigma$  angeführt seien:

$L$ (mm)	$2r$ (mm)	$P$	$\sigma, 10^8$	$(\varphi_i - \varphi_a) \cdot 10^2$ Volt
501	0,46	887	4,653	5,33
300	0,26	849	—	5,29
300	0,26	995	4,685	5,57
501	0,46	990	—	5,56
501	0,46	999	4,791	5,43
501	0,46	1010	8,123	5,32
138	0,21	1004	—	5,19

*petitem  
kropki  
interstnie  
zam. proc.*

Eine andere Versuchsreihe bezog sich auf galvanometrische Messung des Strömungsstromes und der durchfließenden Wassermenge, woraus sich die Größe  $\varphi_i - \varphi_a$  nach Formel (21) berechnen läßt. Diese Messungen ergaben nur bei den engen Kapillaren, für welche das POISEUILLESche Gesetz gültig war, annähernd übereinstimmende Werte:

$$\varphi_i - \varphi_a = 7,00; 6,78, 6,20, 5,87 \cdot 10^{-2} \text{ Volt.}$$

283

Die erstere Versuchsreihe erweist deutlich die Einflußlosigkeit der Röhrenweite und -länge (für enge Kapillaren), und im ganzen stimmt der Wert für  $(\varphi_i - \varphi_a)$  tatsächlich mit dem von QUINCKE aus Steighöhenmessungen erhaltenen 0,052 Volt genügend überein.

§ 27. Versuche von SAXÉN. Noch zutreffender erscheint es, an demselben Diaphragma beide Erscheinungen, die Elektromose wie auch den Strömungsstrom zu messen, wie dies SAXÉN<sup>2)</sup> getan hat. Es folgt dafür aus den Gleichungen (23) (25) die Beziehung:

$$\frac{M}{J} = \frac{E}{P}$$

← Es wurde also bei einer und derselben Tonplatte einerseits das durch den Strom  $J$  transportierte Flüssigkeitsvolumen  $M$ , andererseits die durch den hydrostatischen Druck  $P$  bedingte Potentialdifferenz  $E$  gemessen. Um dabei den Einfluß der Polarisation auszuschließen, wurden Elektroden aus demselben Metall verwendet, dessen Salzlösung benützt wurde. So ergaben sich folgende Werte:

Salz	Prozentgehalt	$M/J$	$E/P$
ZnSO <sub>4</sub>	0,75	0,3817	0,3790
	1,00	0,3461	0,3438
CuSO <sub>4</sub>	1,00	0,3850	0,3852
	2,00	0,2329	0,2371
CdSO <sub>4</sub>	0,50	0,5823	0,5880
	1,00	0,1157	0,1153

Die Übereinstimmung der Zahlen der 3. und 4. Kolonne ist also ganz vorzüglich. Bei Verwendung destillierten Wassers gelang es nicht, eine analoge Überein-

<sup>1)</sup> E. DORN, Wied. Ann. **9**, 513. 1880; **10**, 46. 1880; siehe auch: ebd. **5**, 20. 1878; **8**, 119. 1879; **12**, 149. 1881.

<sup>2)</sup> U. SAXÉN, Wied. Ann. **47**, 46. 1892.

stimmung zu erzielen, wohl deshalb, weil die Leitfähigkeit zu sehr von kleinen Verunreinigungen des Tones beeinflusst war, vielleicht auch wegen ungenügender Elimination der Polarisation.

284 § 28. Cruses Versuche über Elektromose durch Tondiaphragmen, Abhängigkeit von Temperatur und Stromstärke. Diese Schwierigkeit, bei Anwendung von Tondiaphragmen und destilliertem Wasser konstante Werte zu erzielen, haben alle Beobachter bemerkt (WIEDEMANN, QUINCKE, FREUND), insbesondere auch CRUSE<sup>1)</sup>, welcher speziell den Einfluß von Temperatur und Stromstärke auf die elektromotische Überführung destillierten Wassers durch Tondiaphragmen (Pukallmasse) studierte. CRUSE fand, daß erst nach stundenlangem Stromdurchgang sich konstante Werte der Elektromose einstellten und daß diese Endwerte von der Temperatur des Wassers und der Stromstärke sehr stark abhingen. Diese Tatsache erweckte in ihm starke Zweifel an der Gültigkeit der Formel (23) und überhaupt an der Berechtigung der HELMHOLTZschen Theorie. Seinen Messungen zufolge würde die sogen. WIEDEMANNsche Konstante, d. i. die pro Stromeinheit übergeführte Wassermenge  $M/J$ :

1. mit zunehmender Temperatur  $\theta$  bis zu einem Maximum (bei 35–40°) anwachsen und dann wieder abnehmen, wie dies die folgenden, einer Versuchsreihe entnommenen Werte der pro Sekunde mittels eines Stromes von 1 Ampere überführten Wassermengen (in  $\text{cm}^3$ ) illustrieren:

$\theta$	9,45	24,16	30,97	36,0	40,21	49,86	65,81
$M/J$	6,24	9,26	9,95	10,27	9,54	6,17	4,45

2. dieselbe wäre nur für kleine Stromstärken wirklich konstant, würde aber für größere Stromdichten zu einem Maximum zunehmen, um dann bei weiterer Steigerung wieder rapid abzunehmen. Letztere Erscheinung wäre in offenbarem Widerspruch mit der Theorie und CRUSE meint, daß sie auf äußerer Reibung resp. Gleitung beruhe.

Dagegen hat jedoch SMOLUCHOWSKI<sup>2)</sup> darauf hingewiesen:

1. daß ein ganz analoger Temperaturgang sich auch aus der Formel (23) ergibt, unter Annahme eines konstanten  $(\varphi_i - \varphi_a)$ , wenn man die Veränderlichkeit der Zähigkeit  $\eta$  und des spezifischen Widerstandes  $\sigma$  (geschätzt nach den von CRUSE gemessenen Potentialdifferenzen zwischen den Elektroden) berücksichtigt;

2. daß die scheinbare Abhängigkeit jener Werte von der Stromstärke sich auf die Erwärmung des Wassers in Diaphragma zurückführen läßt, welche für größere Stromstärken (bis über 1,6 Ampere) sehr beträchtlich war.

Es läßt sich also aus jenen Ergebnissen durchaus kein Einwand gegen die HELMHOLTZsche Theorie ableiten. Übrigens dürfen dieselben nicht auf andere Flüssigkeiten verallgemeinert werden, indem z. B. für stark dissoziierte Elektro-

lyte zu erwarten steht, daß der Koeffizient  $\left[\frac{\sigma}{\eta}\right]$  von der Temperatur ziemlich unabhängig ist.

285 § 29. Weitere Versuche über Temperatureinfluß und den Zusammenhang mit Änderung der Zähigkeit. In bezug auf den Einfluß der Temperatur sei auch eine Beobachtung von PERRIN angeführt<sup>3)</sup>, derzufolge die mittels einer gegebenen elektromotorischen Kraft durch ein Schwefeldiaphragma übergeführten Wassermengen von 0° bis 32° sich genau umgekehrt verhielten wie die Zähigkeit des Wassers, welche in diesem Intervall auf die Hälfte herabsinkt. Auch hier würde sich also  $K(\varphi_i - \varphi_a)$  als von der Temperatur ziemlich unabhängig ergeben. Die

<sup>1)</sup> A. CRUSE, Phys. Ztschr. 6. 201. 1905; Dissert. Göttingen 1905.

<sup>2)</sup> M. SMOLUCHOWSKI, Phys. Ztschr. 6. 529. 1905.

<sup>3)</sup> J. PERRIN, Journ. chim. Phys. 2. 618. 1904.

[Vol. I, p. 463. Id.]



gleiche Bemerkung machen CAMERON und ÖTTINGER<sup>1)</sup>, in der später noch zu besprechenden Arbeit betreffs der Potentialdifferenz ( $\varphi_i - \varphi_a$ ) für Glas —  $1/3000$  norm. Lösung KCl, innerhalb Temperaturen  $21^\circ$  bis  $32^\circ$ .

Die genauesten hierher gehörigen Messungen sind aber wohl jene von BURTON<sup>2)</sup>, welcher die kataphoretische Geschwindigkeit von Silberteilchen in Wasser bestimmte. Er fand bei verschiedenen Temperaturen folgende Werte jener Geschwindigkeit:

$\theta$	$V \cdot 10^5$	$\eta \cdot 10^4$	$\eta V \cdot 10^7$
$3,0^\circ$	15,1	162	24,5
9,9	18,6	133	24,7
11,0	19,6	128	25,1
21,0	25,3	99,2	25,0
31,0	30,1	79,7	24,0
40,5	37,2	65,8	24,5

*petit*  
*weg die*  
*kraft*  
*verändert*

Aus der bemerkenswerten Konstanz der Werte des Produktes  $\eta V$  folgt nach Formel (26) tatsächlich eine recht angenäherte Unveränderlichkeit der Potentialdifferenz der Doppelschichte.

~~Nachtrag~~ In diesem Zusammenhang seien auch Versuche von ÖTTINGER<sup>3)</sup> erwähnt, welche sich auf die Erzeugung von Strömungsströmen mittels Durchströmens von Zuckerlösungen durch Glaskapillaren beziehen. Als Beispiel diene die nachstehende Tabelle, welche folgende Angaben enthält: die ungefähre Konzentration der angewendeten Zuckerlösung, die gemessene Zähigkeit  $\eta$  derselben, die beobachtete Potentialdifferenz  $E$  und den Quotienten derselben durch den angewendeten Druck  $P$ , multipliziert mit der Zähigkeit  $\eta$ :

Konz.	$\eta$	$E$	$E\eta/P$
40 Proz.	8,17	0,903	$2,21 \cdot 10^{-2}$
20	2,47	2,632	$2,01 \cdot 10^{-2}$
10	1,64	4,384	$2,19 \cdot 10^{-2}$

286

← Die Konstanz der Werte der letzten Reihe weist darauf hin, daß die Potentialdifferenz  $\varphi_i - \varphi_a$  in diesem Falle von der Konzentration nicht merklich abhängt. Dies gilt jedoch nur für den Fall, daß die Lösungen sorgfältig von Kohlensäure befreit waren; sonst verursachten die durch letztere bewirkten Änderungen der Leitfähigkeit erhebliche Störungen. Auch dann blieb aber der Wert  $E\eta/P\sigma$  trotz der großen Unterschiede der Werte von  $\eta$  und  $\sigma$  merklich konstant, was mit der Formel (22) in bestem Einklang steht.

§ 30. Proportionalität der elektromotorischen Kraft mit dem hydrostatischen Druck, Versuche von Cameron u. Öttinger, Riéty. Als Bestätigung der theoretischen Formeln können überdies noch Messungen angeführt werden, welche anlässlich anderer, später noch ausführlich zu besprechender Untersuchungen ausgeführt wurden, aber nebenbei die Gültigkeit einiger der von QUINCKE und DORN erhaltenen Ergebnisse in erweitertem Umfang erwiesen haben.

So haben CAMERON und ÖTTINGER die durch Strömen von Wasser durch eine Glaskapillare (0,65 mm Weite) hervorgebrachte elektromotorische Kraft gemessen, wobei sie sowohl den angewandten Druck als auch (durch passende Verbindung der

<sup>1)</sup> A. CAMERON u. E. ÖTTINGER, Phil. Mag. **18**. 586. 1909.

<sup>2)</sup> E. F. BURTON, Phil. Mag. **17**. 587. 1909.

<sup>3)</sup> E. ÖTTINGER, Phys. Ztschr. **13**. 270. 1912.

vier in die Röhre eingeschmolzenen Elektroden  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ) die wirksame Länge der Kapillaren variierten. Die nachstehende Tabelle, in welcher  $A$  den Gesamt-druckunterschied an den Enden der Kapillare (in mm Quecksilber),  $P$  den davon auf das Stück zwischen den Elektroden entfallenden Teil,  $E$  die beobachtete elektromotorische Kraft (in Volts) bezeichnet, beweist tatsächlich Konstanz des Verhältnisses  $E/P$ , soweit dies bei den mannigfachen Fehlerquellen (Unregelmäßigkeiten der Einschmelzstellen, Veränderung der Leitfähigkeit des Wassers) zu erwarten war:

$A$		$P$	$E$	$E/P \cdot 10^3$
249,5	$\alpha\beta$	57,4	0,398	6,94
249,8	$\beta\gamma$	89,8	0,571	6,36
249,1	$\alpha\gamma$	146,7	0,971	6,62
249,6	$\beta\delta$	152,6	0,959	6,27
248,3	$\alpha\delta$	208,7	1,351	6,47
380,9	$\alpha\beta$	87,6	0,593	6,76
381,6	$\gamma\delta$	96,1	0,490	5,10
380,7	$\beta\gamma$	136,8	0,815	5,96
381,3	$\alpha\gamma$	224,5	1,400	6,23
382,0	$\beta\delta$	233,4	1,307	5,60
382,2	$\alpha\delta$	321,3	1,914	5,96
575,0	$\alpha\beta$	132,2	0,833	6,30
567,7	$\beta\gamma$	204,0	1,197	5,87
594,4	$\alpha\gamma$	350,0	2,100	6,00

Die Weite der Röhre war übrigens schon nahe der Grenze gelegen, wo das POISEUILLESche Gesetz seine Gültigkeit verliert.

Innerhalb noch weiterer Grenzen wird die Proportionalität der elektromotorischen Kraft mit dem Druck in einer Versuchsreihe von RIÉTY<sup>1)</sup> über Strömungsströme nachgewiesen, welche dieser Beobachter mittels Durchpressens einer 10%igen Lösung von  $\text{CuSO}_4$  (mittels eines CAILLETET-Apparates) durch sehr dünne Glaskapillaren erzeugte:

$P$ (Atmosph.)	5	10	15	25	35	52,5	70	85	90
$E$ Volt. $10^3$	1,86	3,7	5,5	9,3	13,0	18,6	24,2	27,9	29,8
$E \cdot 10^4$	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,5	3,5	3,3	3,3

## V. Weitere Bemerkungen über die Doppelschichttheorie.

§ 31. Billiters Kritik der Theorie Helmholtz'. Als Abschluß dieses, die formalen Gesetze der elektromotischen Erscheinungen behandelnden Teiles mögen noch einige theoretische Bemerkungen betreffs einzelner Punkte der Theorie eingefügt werden.

So hat BILLITER<sup>2)</sup> gewisse Bedenken gegen die HELMHOLTZsche Auffassung der Doppelschichten vorgebracht. Nach HELMHOLTZ würde eine elektrische Doppelschicht im ganzen die Ladung Null besitzen, indem die Dichten der beiderseitigen entgegengesetzten Elektrizitäten gleich groß sind, und infolgedessen würde sie keinerlei elektrostatische Fernwirkung ausüben. BILLITERS Einwände gegen HELMHOLTZ' Erklärung der elektrischen Kataphorese dürften wohl auf Mißverständnissen beruhen. BILLITER meint, daß sich die Kataphorese kleiner Teilchen und verwandte Erscheinungen nur dann befriedigend erklären lassen, wenn man annimmt, daß die entgegengesetzten Ladungen der Doppelschicht einander nicht gleich sind. Der übrigbleibende Überschuß der einen Ladung würde dann den

<sup>1)</sup> L. RIÉTY, C. R. 152. 1375. 1911.

<sup>2)</sup> J. BILLITER, Ann. d. Phys. 11. 902, 937. 1903.

187

Bewegungsantrieb im elektrischen Felde vermitteln, wie wenn es sich um große Ionen handeln würde. Wie aus § 18 hervorgeht, ist eine solche Annahme zur Erklärung der Kataphorese durchaus nicht erforderlich, aber es lohnt sich wohl näher zu untersuchen, ob sie zulässig ist.

Soweit es sich um Elektromose oder Strömungsströme handelt, in welchen ja das äußere Gefäß ruhend vorausgesetzt wird, scheint es für die Gültigkeit der Formeln (14), (17), (22) ganz einerlei zu sein, ob die entgegengesetzten Ladungen der Doppelschicht einander gleich sind oder nicht; es würde das nur die Potentialverteilung im äußeren Raum beeinflussen. Dagegen müßte der Unterschied bei der Kataphorese suspendierter Teilchen zum Vorschein kommen, da dann außer der durch (26) gegebenen Geschwindigkeit, welche von der gegenseitigen Verschiebung der beiden Belegungen herrührt, noch eine Translation der Teilchen als Ganzes, samt den anliegenden Flüssigkeitsschichten infolge der überschüssigen Ladung stattfinden müßte.)

(Setzen wir z. B. bei denselben Kugelgestalt voraus, so würde der Ladungsüberschuß offenbar der Kugeloberfläche proportional sein, während der Reibungswiderstand nach STOKES' Gesetz  $6R\pi\eta V$  betragen würde. Somit würde der Ladungsüberschuß eine dem Kugelradius proportionale Geschwindigkeit hervorrufen, und die Gesamtgeschwindigkeit wäre bestimmt durch eine Formel von der Gestalt:

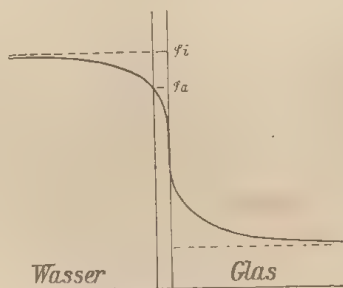
$$V = \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi\eta} + \alpha R. \quad (40)$$

$\alpha$  Broek  
A. 1874

←Soweit aber bisher bekannt (vgl. § 19), scheint die kataphoretische Geschwindigkeit von der Teilchengröße unabhängig zu sein, was sehr gegen die Hypothese BILLIERS spricht. Auch wäre es wohl schwer begreiflich, warum Körper von großer Flächenausdehnung, wie z. B. Pulver, an denen die überschüssige Ladung sehr groß wäre, sich nicht nach außen wie elektrostatisch geladene Körper verhalten.

Andererseits bemerken wir aber, daß man von vornherein gar nicht nötig hat anzunehmen, daß  $\varphi_i - \varphi_a$  den gesamten Potentialunterschied zwischen den beiderseitigen äußersten Grenzen der Doppelschicht bedeute. Es möge z. B. der Potentialverlauf in den Grenzschichten Glas—Wasser durch die nebenstehende Figur dargestellt sein.

Die in den Formeln auftretende Potentialdifferenz  $\varphi_i - \varphi_a$  entspricht dann, wie aus deren Ableitung ersichtlich ist, nur dem verschiebbaren Teil der Doppelschicht (d. i. zwischen dem Inneren der Flüssigkeit und der an der Wand fest haftenden Schicht), welche wir als „aktive“ Potentialdifferenz bezeichnen können; der Wert derselben kann offenbar viel kleiner sein als die gesamte Differenz zwischen dem Inneren der Flüssigkeit und dem Inneren des festen Körpers. Hierauf werden wir in § 70 noch zurückkommen.



Figur 274.

289

§ 32. Grenzflächen flüssiger Medien. Ausdrücklich sei hervorgehoben, daß die theoretischen Berechnungen sich auf den Fall Flüssigkeit—feste Wand beziehen, daß die Formeln daher nicht, wie das meistens geschieht, ohne weiteres auf Grenzflächen zweier Flüssigkeiten oder von Flüssigkeit und Gas übertragen werden dürfen. Denn in einem solchen Falle übt das elektrische Feld auf die beiderseitigen Grenzschichten Kräfte aus, und es müssen in beiden Flüssigkeiten Strömungen entstehen; die Grenzfläche selbst wird im allgemeinen eine tangentielle Bewegung

<sup>1)</sup> Siehe z. B. W. RYBCZYŃSKI, *Bull. Int. Acad. Sci.* 1911. 40. — J. HADAMARD, C. R. 153. 1735. 1911; 154. 109. 1912.

Bull. Int. de l'Acad. S. Sc.  
de Cracovie A. Janvier



annehmen und der Bewegungszustand der Flüssigkeit wird verschieden sein von jenem, welcher den obigen Formeln zugrunde liegt. Dieselben dürften zwar in den meisten Fällen formell anwendbar bleiben, aber das auf diese Weise ermittelte  $(\varphi_i - \varphi_a)$  wird nicht mehr dieselbe Bedeutung haben wie in den vorher behandelten Fällen. In diese Kategorie gehören z. B. die Beobachtungen von QUINCKE über elektrische Kataphorese von Gasbläschen und Flüssigkeitströpfchen, von LEWIS<sup>1)</sup> und R. ELLIS<sup>2)</sup> über Kataphorese von Öl- und Anilintröpfchen u. dergl.

Auch muß das Durchsprudeln von Gasbläschen durch Wasser, die Fallbewegung von Quecksilbertröpfchen durch die Flüssigkeit bei kapillarelektischen Versuchen gewisse elektromotorische Kräfte erregen, analog jenen, die DORN, BILLITER, MÄKELT beobachtet haben. Allerdings dürften diese Effekte an Größenordnung hinter den dabei unter Umständen zum Vorschein kommenden eigentlich kapillarelektischen Erscheinungen, welche an Ausdehnung oder Schrumpfung der Grenzflächen gebunden sind, erheblich zurückstehen.

Hierher gehören ferner die Beobachtungen an freien, in Luft austretenden Ausflußstrahlen, wie solche von DORN<sup>3)</sup>, ELSTER<sup>4)</sup>, GOURÉ DE VILLEMONTÉE<sup>5)</sup> angestellt wurden. Daß sich hierbei zwischen den verschiedenen Punkten eines solchen Strahles keine Strömungsströme konstatieren ließen, beruht wohl darauf, daß die mit der Flüssigkeitsoberfläche in Kontakt stehende Luft von der letzteren vollständig mitgerissen wird, und die Bewegung der Doppelschicht als Ganzes einen Konvektionsstrom vom Werte Null gleichkommt.

In bezug auf gasförmige Medien siehe übrigens § 72.

**§ 33. Einfluß eines elektrischen Leitvermögens der Wand.** Eine für die Gültigkeit der Formeln (23–26) ganz wesentliche Voraussetzung ist ferner, daß die Wände als Isolatoren angesehen werden können, denn die Berechnung stützt sich wesentlich darauf, daß die elektrischen Stromlinien in der Nähe der Wände tangential verlaufen. Es ist also nicht statthaft, jene Formeln ohne weiteres auf Diaphragmen und suspendierte Teilchen aus leitender Substanz zu übertragen, wie das so oft geschieht (siehe z. B. § 56); und zwar läßt sich leicht voraussehen, daß eine Eigenleitfähigkeit der Wände die beobachteten Effekte im allgemeinen verringern wird.

Die Formeln für Kapillarröhren (14b), (17) bleiben dagegen auch für leitende Wände gültig, da hier die Stromlinien in jedem Falle den Wänden entlang verlaufen. Beobachtet man jedoch die elektromotorische Kraft des Strömungsstromes, so muß diese durch eine Leitfähigkeit der Wand wohl beeinflusst werden. Nehmen wir z. B. an, daß der Widerstand der leeren Röhre sich zum Widerstand der eingeschlossenen Flüssigkeitssäule verhalte wie  $1 : \omega$ , so wird eine Potentialdifferenz  $E$  den Gesamtstrom  $J = \frac{EQ}{L\sigma} (1 + \omega)$  hervorrufen. Für den Fall des Gleichgewichtes muß sich derselbe mit dem konvektiven Strömungsstrom kompensieren, also folgt die zum Vorschein kommende Potentialdifferenz:

$$E = \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi} \frac{P\sigma}{\eta(1 + \omega)} \quad (41)$$

Dies wird qualitativ durch eine interessante Beobachtung von ZAKRZEWSKI<sup>6)</sup> bestätigt. Die elektromotorische Kraft des Strömungsstromes in einer von Wasser durchflossenen, innen versilberten Glasröhre ist desto geringer, je dicker die

<sup>1)</sup> W. C. LEWIS, Ztschr. f. Chem. u. Ind. d. Kolloide. **4**. 209. 1909.

<sup>2)</sup> R. ELLIS, Ztschr. f. phys. Chem. **78**. 321. 1911.

<sup>3)</sup> E. DORN, Wied. Ann. **5**. 29. 1878.

<sup>4)</sup> J. ELSTER, Wied. Ann. **6**. 553. 1879.

<sup>5)</sup> G. GOURÉ DE VILLEMONTÉE, Journ. de Phys. **6**. 59. 1897; Éclair. électr. **8**. 491. 1896.

<sup>6)</sup> C. ZAKRZEWSKI, Kach. Ann. 1900. p. 224; Phys. Ztschr. **2**. 146. 1900.

*Bull. Int. de l'Acad. d.  
Sc. de Cracovie,*

Silberschicht; manchmal steigt sie plötzlich auf das Hundertfache und kann dann durch eine in der Nähe vor sich gehende Funkenentladung auf den ursprünglichen Wert zurückgebracht werden. Bekanntlich verhalten sich solche dünne Silberschichten wie Kohärer, hier kommt also wahrscheinlich die Erhöhung des  $\omega$  in der Erniedrigung des  $E$  zum Vorschein.

**§ 34. Einfluß der Turbulenz der Flüssigkeitsbewegung.** Ausdrücklich sei auch auf die Bedingung hingewiesen, daß die Bewegung eine „langsame“ sei. Das heißt, daß sogen. „turbulente“ Bewegungen, in denen außer der Zähigkeit auch noch die Trägheit der Flüssigkeit zum Ausdruck kommt, wie z. B. Strömung durch weite Röhren, Bildung von Ausfluß-Strahlen und dergl., von der Anwendbarkeit der theoretischen Formeln prinzipiell ausgeschlossen sind. Bekanntlich ist es der Hydrodynamik noch nicht gelungen, derartige Fälle einer einfachen theoretischen Behandlung zuzuführen; daher ist vorderhand die Ausdehnung der Theorie auf solche Erscheinungen nicht zu erwarten.)

Offenbar bezieht sich diese Beschränkung insbesondere auf die Strömungsströme, während bei der Elektrosmose und Kataphorese die Bedingungen der „Langsamkeit“ in der Praxis wohl immer erfüllt ist. Es wurde schon oben darauf hingewiesen, daß infolge dieses Umstandes die Versuche von EDLUND, teilweise auch solche von CLARK, DORN<sup>1)</sup> u. a. über den Anwendungsbereich der Formeln des § 15 hinausgehen. Namentlich bei Benutzung der Formel (21) treten in weiteren Röhren große Abweichungen auf; DORN fand für solche das mit derselben in vollständigem Widerspruch stehende empirische Gesetz gültig, daß bei gleicher mittlerer Geschwindigkeit  $u_m$  des fließenden Wassers die Stromstärke  $J$  dem Röhrendurchmesser ungefähr proportional ist.

Dagegen hat EDLUND andere Resultate erhalten; aus seinen Angaben würde folgen, daß die Stromintensität für weite Röhren dem Quadrat der mittleren Geschwindigkeit proportional sei, ohne Rücksicht auf den Röhrendurchmesser. Eine Klarlegung mittels weiterer systematischer Versuche wäre erwünscht.

**§ 35. Einfluß der Strömung in der Umgebung der Elektroden.** Auf die Asymmetrie turbulenter Flüssigkeitsströmungen dürften wohl gewisse, von ZAKRZEWSKI (l. c.) bemerkte eigentümliche Asymmetrie-Erscheinungen zurückzuführen sein, indem z. B. die beim Durchströmen einer zwischen zwei weiteren Gefäßen eingeschalteten Kapillare auftretende elektromotorische Kraft wesentlich von der Lage derjenigen Elektrode abhing, die sich in der Nähe des Ausflußstrahles befand. Es können in solchen Fällen aber auch gewisse, von HELMHOLTZ näher untersuchte Erscheinungen mitspielen, nämlich Ströme zwischen polarisierten Platinelektroden, hervorgebracht durch Bewegung einer derselben gegen die umgebende Flüssigkeit („Bewegungsströme“ und „Erschütterungsströme“<sup>2)</sup>).

Neuere Beobachtungen ähnlicher Art hat BILLITER<sup>3)</sup> angestellt (mit Verwendung von Quecksilber-Elektroden in verschiedenen Lösungen), sowie PRONCHON<sup>4)</sup>, welcher behauptet, daß ganz allgemein die Bewegung einer in einen elektrolytischen Stromkreis eingetauchten Elektrode eine elektromotorische Wirkung hervorruft — ohne jedoch die Art derselben allgemein zu präzisieren.

Solche Erscheinungen fallen außerhalb des Rahmens der HELMHOLTZschen Theorie der elektromotischen Erscheinungen, da es sich bei diesen nur um Ströme handelt, die tangential zur Oberfläche verlaufen. Eingehendere systematische Untersuchungen derselben sind noch ausständig und es ist fraglich, inwiefern hierbei das Zerreißen der HELMHOLTZschen Doppelschichte oder in gewissen Fällen auch andere Vorgänge, wie Ausgleichung von Konzentrationsunterschieden, beteiligt sind.

<sup>1)</sup> Siehe Literaturzusammenstellung in § 8 u. 26.

<sup>2)</sup> H. v. HELMHOLTZ, Wied. Ann. **11**. 737. 1880; Wissensch. Abh. I p. 899.

<sup>3)</sup> J. BILLITER, Ztschr. f. phys. Chem. **48**. 542. 1904.

<sup>4)</sup> PRONCHON, C. R. **153**. 47. 1911. Siehe auch St. PROKOPIN, Beibl. **37**, 229. 1913.

1179  
292

293

§ 36. Strömungsströme beim Auftreffen von Flüssigkeitsstrahlen auf feste Wände. Gewissermaßen als diametrales Gegenstück zu den langsamen Bewegungen in Kapillarröhren seien einige Beobachtungen von ELSTER<sup>1)</sup> angeführt, in welchen die Potentialdifferenz zwischen den verschiedenen Punkten eines auf eine feste Platte schief auftreffenden Wasserstrahles gemessen wurde. Es zeigte sich, daß in der Umgebung des Auftreffpunktes ein erhebliches Potentialgefälle besteht, während dasselbe im freien Strahl sowie auch in den entfernteren Teilen der überströmten Platte verschwindend klein ist. Die Potentialdifferenz zwischen dem einströmenden Strahl und der abfließenden Flüssigkeit ist mithin von der Größe der Platte unabhängig (falls diese eine gewisse Grenze übersteigt). Sie ist unter sonst gleichen Verhältnissen proportional dem Quadrat der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers und wächst mit dem Winkel zwischen Strahl und Normale zur Platte.)

Auch hängt sie in bedeutendem Maße vom Material der Platte ab, und zwar wächst die Wirksamkeit verschiedener Materialien in folgender Reihenfolge: Marmor (= 0), Schiefer, Seide, Asbest, Glimmer, Kautschuk, Kalkspat, Wachs, Glas, Porzellan, Schwefel, Schellack. Bei einer Schellackplatte betrug die elektromotorische Kraft 112 Volt für eine Ausflußgeschwindigkeit des Wasserstrahles von 22,5 m/sec.

In diesen Versuchen liefert also nicht ein hydrostatischer Überdruck, sondern die kinetische Energie des Flüssigkeitsstrahles die Kraft zur Verschiebung der elektrischen Doppelschicht Wasser-Platte, und es ist begreiflich, daß sich dieser Effekt in der Nähe der Auftreffstelle lokalisiert. Theoretisch ist diese Erscheinung noch nicht näher untersucht worden.

§ 37. Theoretisch zu erwartende Oberflächenleitung. SMOLUCHOWSKI<sup>2)</sup> hat darauf hingewiesen, daß in gewissen Fällen die Rückwirkung der Elektromotose auf die ursprüngliche Potentialverteilung in Betracht zu ziehen ist; wenn nämlich die Grundlagen der HELMHOLTZ-LAMBSchen Theorie der elektromotischen Erscheinungen richtig sind, so muß infolge der Bewegung der Doppelschichte ein Konvektionsstrom längs der Wände zustandekommen, welcher sich über dem ursprünglichen Leitungsstrom superponiert. Im Falle einer Kapillarröhre läßt sich die Größe desselben leicht berechnen. Benutzt man der Einfachheit wegen die LAMBSche Bezeichnungswiese, so ist die Flächendichte der Elektrizität auf den Kondensatorplatten, welche bei LAMB die Doppelschicht vertreten:  $\int \epsilon - \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi d}$  und die

Geschwindigkeit, welche dieselben unter Einfluß des Potentialgefälles  $\frac{\partial \Phi}{\partial x}$  annehmen, wird:

$$v = \frac{l}{\eta} \epsilon \frac{\partial \Phi}{\partial x}$$

← Somit wird der konvektive Oberflächenstrom per Längeneinheit des Umfanges der Röhre:

$$J_s = \epsilon v = \frac{l}{\eta} \left[ \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi d} \right]^2 \frac{\partial \Phi}{\partial x}$$

← Das Verhältnis des konvektiven, als „Oberflächenleitung“ auftretenden Stromes zum OHMSchen Querschnitts-Strom wird also betragen:

$$\frac{J_s}{J_q} = \frac{l}{\eta} \left[ \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi d} \right]^2 \frac{S\sigma}{Q} \quad (42)$$

<sup>1)</sup> J. ELSTER, Wied. Ann. 6, 553. 1879.

<sup>2)</sup> M. v. SMOLUCHOWSKI, *Engl. Ann.* 1903. p. 182; Phys. Ztschr. 6. 529. 1905.

*Bull. Int. de l'Acad. d. Sc.  
de Cracovie,*

[Vol. I,  
pp. 403 et  
(463. 2d.)]



wo  $S$  den Umfang,  $Q$  den Querschnitt der Röhre bedeutet. Mit Benutzung der HELMHOLTZschen Berechnungsmethode würde man ganz analog erhalten:

$$\frac{J_s}{J_q} = \frac{1}{\eta} \left[ \frac{K}{4\pi} \right]^2 \frac{S\sigma}{Q} \int_0^\infty \left( \frac{\partial \varphi}{\partial N} \right)^2 dN$$

was im Falle eines in der Doppelschicht von der Dicke  $d$  linearen Potentialverlaufes sich auf

$$\frac{J_s}{J_q} = \frac{S\sigma}{Q\eta d} \left[ \frac{K(\varphi_i - \varphi_o)}{4\pi} \right]^2 \quad (43)$$

reduziert.)

Bei „isolierenden“ Flüssigkeiten und im Falle einer großen Oberflächenausdehnung der festen Wände (enge Kapillaren, Pulver usw.) könnte dieser Oberflächenstrom den OHMSchen Strom bei weitem überdecken.

Gewisse Erscheinungen der Oberflächenleitung sind ja wohl bekannt, wie z. B. die Leitung längs Glas, Ebonit-Flächen; dabei spielen aber Verunreinigungen sowie die „Wasserhaut“ die Hauptrolle. Versuche, welche die obige theoretisch vorauszusehende Erscheinung einwandfrei erweisen würden, sind noch nicht bekannt; solche wären aus dem Grunde interessant, da sie nach obigen Formeln eine Schätzung der Dicke der Doppelschicht ermöglichen würde. ~~und~~

~~(Nachtrag)~~ In jüngster Zeit sind ~~derartige~~ Versuche (von Stock<sup>1)</sup>) im Lemberger Physikalischen Institut angestellt worden, und zwar mit Benutzung von Toluol, Nitrobenzol, Anilin, Methylalkohol, in welche sorgfältig getrockneter Quarzsand (dreierlei Sorten, von verschiedener Korngröße) hineingeschüttet wurde. Nitrobenzol ergab die besten Resultate; Toluol ist wegen zu geringer Leitfähigkeit und zu großen Abweichungen vom OHMSchen Gesetze nicht geeignet, die letztgenannten Flüssigkeiten dagegen zeigten wegen zu großer Leitfähigkeit weniger deutliche Effekte.

Bei gutleitenden wässerigen Salzlösungen ist die Oberflächenleitung natürlich ganz zu vernachlässigen. Bezeichnet man also das in letzteren beobachtete Verhältnis der Leitfähigkeit mit Quarzpulver zur Leitfähigkeit ohne Quarzpulver mit

$\beta = \frac{J_s}{J_0}$ , so gibt der Vergleich dieses Wertes mit dem entsprechenden in Nitrobenzol

beobachteten Verhältnis  $\gamma = \frac{J_s + J_a}{J_0}$  ein Mittel, um den Oberflächenstrom  $J_s$  vom Querschnittstrom  $J_0$  abzusondern.)

(Man erhält nämlich  $\frac{J_s}{J_0} = \frac{\gamma - \beta}{\beta}$ ) Andererseits läßt sich die Größenordnung des Verhältnisses  $S/Q$  der zwischen den Sandkörnern befindlichen Kanäle unter Annahme einer kugelförmigen Gestalt der Körner aus dem von der Kornsubstanz eingenommenen (durch Wägung ermittelbaren) Volumprozent  $\varphi$  berechnen nach der Formel:

$$\frac{S}{Q} = \frac{1}{r\sqrt{\beta(1-\varphi)}} \sqrt{\frac{6}{\pi^2} \varphi^2}$$

Somit hat man alle nötigen Daten, um die Größenordnung der Dicke der Doppelschicht  $d$  zu bestimmen, wenn man den Wert  $K(\varphi_i - \varphi_o)$  beispielsweise aus den elektrosmotischen Versuchen von COHEN und RAYDT (§ 46) entnimmt. In der nachstehenden Tabelle sind die Werte des Kornradius in Zentimeter, des Quotienten  $\beta$ , ferner die für Nitrobenzol beobachteten Werte des Quotienten  $\gamma$ , des spezifischen Widerstandes  $\sigma$ , sowie der von Stock nach Formel (43) berechneten Dicke der Doppelschicht  $d$  zusammengestellt:

<sup>1)</sup> J. Stock, ~~Kapitel~~ *Ann. d. Phys.*, 1912. p. 635.

*Bull. Int. de l'Acad. d.  
Sc. de Cracovie*

295

*La cap.  
wsg.*

296

1136

*reitet  
Kropfen  
Wand*

$r$	$\beta$	$\gamma$	$\sigma \cdot 10^{-7}$	$d \cdot 10^7$
0,013	0,28	0,47	3,16	1,7
0,00065	0,33	1,59 4,95	2,98 10,0	4,7 4,3
0,0001	0,40	8,32 18,23	4,29 10,1	7,2 7,4

Bei Anwendung des feinsten Quarzpulvers war also die Leitfähigkeit unter Umständen bis 20 mal größer als in der reinen Flüssigkeit, dagegen war hier der Kornradius nicht so genau bestimmbar; beim gröbsten Pulver war dagegen der ganze Effekt viel geringer, daher dürfte der aus den Versuchen mit der mittleren Sorte resultierende Wert:  $d = 4,5 \cdot 10^{-7}$  cm das meiste Vertrauen verdienen. Es läßt sich mit Hilfe desselben die in den Grenzschichten befindliche elektrische

Ladungsdichte  $\left[ \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi d} \right]$  abschätzen, sowie die mittlere Entfernung der dieselbe zusammensetzenden Ionen. Letztere würde diesen Versuchen zufolge ungefähr  $6,5 \cdot 10^{-7}$  cm betragen, wäre also von derselben Größenordnung wie deren Abstand von der Wand und von höherer Größenordnung als die Molekulardurchmesser.

Die Interpretation dieser Resultate wäre verschieden, wenn man die LAMBsche Theorie als Grundlage annehmen würde. Es wären in diesem Falle die in der letzten Reihe der Tabelle angegebenen Zahlen nicht als Werte von  $d$ , sondern als Werte des Koeffizienten der äußeren Reibung  $l$  (in Formel 42) anzusehen. Eine Weiterführung dieser für die ganze Theorie der Elektromose hochwichtigen Versuche unter geänderten Versuchsbedingungen ist sehr erwünscht. Diese Ergebnisse sind durch eine zweite Arbeit J. STOCKS<sup>1)</sup> bestätigt worden, in welcher der Verfasser die kataphoretischen Ströme untersuchte, die in Nitrobenzol durch zu Boden sinkendes Quarzpulver hervorgebracht werden. Man kann nämlich aus der Abhängigkeit der hierbei entstehenden elektromotorischen Kraft  $E$  von der gemessenen Pulvermenge die Größe des Potentialsprunges  $(\varphi_i - \varphi_a)$  und die Größe der Oberflächen-Leitfähigkeit, beziehungsweise die Dicke der elektrischen Doppelschicht ermitteln. Aus der von Stock ausgeführten Berechnung, deren Details hier zu weit führen würden, resultieren für Nitrobenzol-Quarz die Werte  $(\varphi_i - \varphi_a) = 0,053$  Volt und  $d = 4,5 \cdot 10^{-7}$  cm, welch letzterer zufälligerweise genau mit dem früher hierfür erhaltenen Werte übereinstimmt.

**§ 38. Leitfähigkeit von Suspensionen und kolloidalen Lösungen.** Auch die elektrische Kataphorese suspendierter Teilchen muß mit einer analogen Wirkung verknüpft sein: es muß die Leitfähigkeit einer hinreichend fein zerteilten Emulsion, bzw. Suspension, größer sein als die des reinen Lösungsmittels, sogar wenn die suspendierte Substanz selbst schlechter leitet.

Auch für diese Folgerung könnte man viele Belege anführen, indem kolloidale Lösungen in der Regel erheblich besser leiten als Wasser, doch sind genau definierte Messungen, die man mit der Formel quantitativ vergleichen könnte, bisher an solchen nicht gemacht worden. Es sind nämlich, wie namentlich WHITNEY und BLAKE<sup>2)</sup> gezeigt haben, in den meist untersuchten Metalllösungen immer erhebliche Spuren von Elektrolyten zugegen, deren Entfernung nur sehr schwer gelingt. Dies zeigte sich namentlich in folgendem: wenn aus einer kolloidalen Goldlösung das suspendierte Gold durch elektrische Kataphorese ab-

*(Bull. Int. de l'Acad. S. Sc. de Cracovie)*

<sup>1)</sup> J. STOCKS, *Kolloidchem.* (A. 1913. p. 131. Vgl. § 23, Nachtrag.

<sup>2)</sup> W. R. WHITNEY u. J. C. BLAKE, Journ. Am. Chem. Soc. **26**. 1339. 1904. Siehe auch z. B. J. DUCLAUX, C. R. **140**. 1468. 1905; Ztschr. f. Chem. u. Ind. d. Kolloide, **3**. 126. 1908. — A. LOTTERMOSER, Ztschr. f. phys. Chem. **60**. 451. 1907; **62**. 359. 1908. — G. MALFITANO, C. R. **139**. 1221. 1904; **143**. 172. 1906.

geschieden und dann wieder in reinem Wasser aufgelöst wurde, so verminderte sich bei jeder solchen Operation die elektrische Leitfähigkeit. Bei fünfmaliger Wiederholung sank sie von  $13,2 \cdot 10^{-6}$  bis auf  $1,8 \cdot 10^{-6}$ , während das reine Wasser eine Leitfähigkeit von  $1,3 \cdot 10^{-6}$  besaß. Es ist also fraglich, inwieweit der geringe übrig bleibende Unterschied wirklich auf der Gegenwart der suspendierten Goldteilchen beruht. Allerdings sind kolloidale Metallösungen wegen der äußerst geringen Sättigungskonzentration zu derartigen Versuchen überhaupt nicht geeignet.

~~Nachtrag bei dem K...~~ Dagegen haben Stocks Messungen der Leitfähigkeit von Suspensionen von Quarzpulver in Nitrobenzol den theoretisch erwarteten Effekt klar erwiesen. (Vgl. § 32) ~~Nachtrag~~

## VI. Mitwirken der Elektromose bei anderen Erscheinungen.

**§ 39. Technische Anwendungen.** In der Praxis kann man die Elektromose als Mittel zur Entwässerung feuchter Substanzen, z. B. Torf verwerten. So gibt z. B. Graf v. SCHWERIN<sup>1)</sup> an, daß aus 85—90% Wasser enthaltendem Torf durch 13—15 Kilowattstunden 1 m<sup>3</sup> Wasser zur Kathode hin entfernt wird, was einem Fünftel des Brennwertes des Torfs entspricht, während Trocknung mittels Wärme den ganzen Brennwert des Torfes aufbrauchen würde.)

(Auch beim Gerben von tierischen Häuten wird die Elektromose mit Vorteil verwendet.<sup>2)</sup>)

**§ 40. Lemströms Versuche.** Daß ein elektrischer Strom längs befeuchteter Glaswände eine Strömung des Wassers im Sinne des elektrischen Stromes hervorruft, kann man nach LEMSTRÖM<sup>3)</sup> augenfällig zeigen, indem man eine Kapillarröhre senkrecht in Wasser eintaucht und zwischen dem Wasser und einer über der Röhre in Luft angebrachten Spitze eine Elektrizitätsquelle von hoher Spannung (z. B. Influenzmaschine) einschaltet. Ist die Spitze Kathode, so steigt das Wasser am Rande des Meniskus in die Höhe und bildet mit der Zeit Tropfen oberhalb desselben. LEMSTRÖM meint, daß auch der von ihm untersuchte Einfluß der Elektrizität auf den Pflanzenwuchs auf diesen Erscheinungen beruhe. Vgl. auch § 54.

**§ 41. Einfluß auf das osmotische Gleichgewicht bei Membranen.** Auch bei Messungen des osmotischen Druckes kann die Elektromose unter Umständen eine Rolle spielen. So untersuchte GIRARD<sup>4)</sup> das osmotische Gleichgewicht zwischen zwei durch eine tierische Membran (Schweinsblase) getrennten isotonischen Lösungen, z. B. einer Zuckerlösung und einer Weinsäurelösung, und fand dabei eine merkliche Störung des Gleichgewichts, welche er der Elektromose zuschreibt, die durch die Konzentrations-Potentialdifferenz zwischen den beiden Flüssigkeiten („champ actif“) hervorgerufen wird. GIRARD stützt seine Ansicht durch einige Versuche qualitativer Natur; seine Angaben genügen nicht zur theoretischen Berechnung dieser Fehlerquelle nach § 16, doch erscheint es ganz wahrscheinlich, daß letztere unter Umständen (in sehr verdünnten Lösungen) sogar den Einfluß des osmotischen Druckes verdecken könnte.

**§ 42. Einfluß auf elektrolytische Überföhrungszahlen, Hittorfs Schlierenphänomen.** HITTORF<sup>5)</sup> bemerkte, daß die Elektromose auch bei den Versuchen über elektrolytische Überföhrung der Ionen eine Fehlerquelle bildet, falls Ton-

<sup>1)</sup> GRAF V. SCHWERIN, Ztschr. f. Elektrochem. **4**. 62. 1897; **9**. 739. 1903.

<sup>2)</sup> F. ROEVER, Wied. Ann. **57**. 397. 1896.

<sup>3)</sup> S. LEMSTRÖM, Ann. d. Phys. **5**. 729. 1901. Siehe auch frühere ähnliche Versuche von A. ROTT, Beibl. **4**. 58 und D. GERNEZ, C. R. **89**. 303. 1879.

<sup>4)</sup> P. GIRARD, C. R. **148**. 1047. 1909; **153**. 401. 1911.

<sup>5)</sup> W. HITTORF, Ztschr. f. phys. Chem. **39**. 613. 1902; **43**. 2. 1903. In Membranen finden erhebliche Änderungen der Wanderungsgeschwindigkeiten der Ionen statt: W. BEIN, Ztschr. f. phys. Chem. **27**. 1. 1898; N. CYRULSKI u. D. BORKOWSKI, Ztschr. f. phys. Chem. **41**. 1. 1909. p. 660. Das könnte vielleicht mit den oben beschriebenen Erscheinungen zusammenhängen.

*Bull. Int. de l'Acad. d. Sc.  
de Cracovie, A, Avril*



scheidewände oder Membranen zur Trennung der kathodischen und anodischen Flüssigkeit verwendet werden. Bei näherem Studium dieser Erscheinungen zeigte sich, daß Ton und pflanzliche Diaphragmen bei allen untersuchten Lösungen ( $\text{KCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CdCl}_2$ ,  $\text{CuSO}_4$ ) normale Kataphorese in der Richtung gegen die Kathode zu hervorbrachten. Dagegen war dies bei Verwendung von tierischen Membranen und Pergamentpapier nur für die Salze und Hydroxyde der Alkalien der Fall, während Salze mehrwertiger Metalle sowie Säuren Kataphorese im umgekehrten Sinne zeigten.)

300

(Hierbei trat in den letzteren noch ein sekundäres Phänomen auf, welches nach diesem Beobachter „HITTORFSches Schlierenphänomen“ genannt wird: bei entsprechender Beleuchtung wurden nämlich in der Nähe der Membran von derselben ausgehende Schlieren sichtbar, deren Entstehung HITTORF darauf zurückführt, daß bei der elektrischen Endosmosé die Lösung in einen konzentrierteren, mit der Flüssigkeitsströmung durch die Membran übertretenden, und in einen verdünnteren, vor der Membran zurückbleibenden Teil gespalten wird.

Weitere Einzelheiten lieferten die an Goldschlägerhaut angestellten Versuche CURIO.<sup>1)</sup> Sie erwiesen die Existenz des Phänomens auch für die Salze der Alkalien und bewiesen, daß diese Erscheinung nicht, wie HITTORF meinte, bei stärkeren Konzentrationen aufhört, sondern daß zur Ausbildung derselben in konzentrierteren Lösungen nur entsprechend längere Stromdauer erforderlich ist. Dies dürfte sich, nebstbei bemerkt, aus der Regel VAN DER VENS (§ 53) erklären, daß die durch einen gegebenen Strom übergeführte Lösungsmenge der Konzentration angenähert umgekehrt proportional ist, was mit der Gestalt der Formel (23) zusammenhängt.

Im übrigen erscheint jedoch die Natur jenes Phänomens noch immer nicht aufgeklärt; die Sache ließe sich auf eine gewisse Halbdurchlässigkeit der Membran zurückführen, falls die konzentriertere Lösung sich vor derselben anhäufen und die verdünntere durch dieselbe hindurchtreten würde. Nun ist aber in der Regel das Umgekehrte der Fall, gleichsam als ob die Membran ein spezielles Adsorptionsvermögen für die gelösten Substanzen besitzen würde.

§ 43. Elektrostenolyse. COEHN<sup>2)</sup> erklärt auch das Zustandekommen der Abscheidung von Metallen in Kapillarspalten einer in gewissen Elektrolyten (z. B.  $\text{AgNO}_3$ -Lösung) befindlichen trennenden Wand — welche von BRAUN<sup>3)</sup> entdeckt und mit dem Namen Elektrostenolyse belegt wurde — auf Grundlage der elektromotischen Erscheinungen. Handelt es sich z. B. um einen feinen Sprung eines Reagenzröhrchens, welches innen die Kathode enthält, außen der Anode gegenübersteht, so entsteht in diesem Spalt eine Verschiebung der positiven der Flüssigkeit angehörigen Belegung der Doppelschichte von außen nach innen. Der äußere Spaltrand bildet eine Austrittsstelle von positiven Ionen, also Kathode, der innere fungiert als Anode. An ersterem kann es also zur Abscheidung einer minimalen Metallmenge kommen, doch wird dieselbe unter gewöhnlichen Umständen unsichtbar bleiben, da sie einen Mittelleiter bilden wird, der auf der einen Seite ebenso wohl wächst, als er auf der anderen Seite abnimmt. Nur dann wird die abgeschiedene Menge beträchtlich anwachsen können, wenn die kathodische Abscheidung ohne entsprechende anodische Auflösung erfolgt, und zwar findet das statt, wenn

a) das negative Radikal das abgeschiedene Metall nicht angreift (Platinsalze, Goldchlorid),

b) sich unlösliche Verbindungen an der Anode bilden, z. B. Superoxyde ( $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$ ),

c) bei Oxydsalzen, deren Anion auf die Lösung unter Bildung einer höheren Oxydationsstufe einwirken kann ( $\text{Cu}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{CoSO}_4$ ).

<sup>1)</sup> O. CURIO, Über elektr. Osmose, Diss. Münster 1908.

<sup>2)</sup> A. COEHN, Ztschr. f. phys. Chem. 25, 651. 1898; eine andere Erklärung gibt H. FREUNDLICH, Kapillarchemie. 1909. p. 250.

<sup>3)</sup> F. BRAUN, Wied. Ann. 42. 450. 1891; 44. 470. 1891.

↓ z. B. bei der Elektrolyse von

## C. Abhängigkeit der Doppelschichte von der chemischen Natur der Stoffe.

### I. Resultate elektrosmotischer Untersuchungsmethoden.

§ 44. **Einheitliche Stoffe, ältere Resultate.** Insoweit haben wir bloß die rein formalen Gesetze der elektrosmotischen Erscheinungen betrachtet und haben dabei die Doppelschichttheorie in allen Punkten bestätigt gefunden, welche bisher einer experimentellen Kontrolle unterzogen worden sind. Nun wollen wir zu den Betrachtungen übergehen, welche die Abhängigkeit dieser Erscheinung von der Natur der Flüssigkeit und der daran grenzenden festen Wand betreffen.

Unter den älteren Arbeiten sind hier insbesondere die § 5—7 referierten Arbeiten von QUINCKE in Betracht zu ziehen, welche zeigten, daß Wasser in Berührung mit den verschiedensten Substanzen sich immer im Sinne des positiven Stromes bewegt, also eine positive Ladung besitzen muß, während die Wand negativ geladen ist. Auch reiner Alkohol verhält sich analog.)

(Dagegen wird Terpentinöl gegenüber jenen Substanzen in der Regel umgekehrt übergeführt, nur gegenüber Schwefel verhält es sich so wie Wasser.

Bemerkenswert ist, daß Wasser in Berührung mit Eis negativ elektrisch wird; dies beweisen die von SOHNCKE<sup>1)</sup> angestellten Versuche über Strömungsströme in Eiskapillaren, sowie auch Versuche von ELSTER, analog den im § 36 beschriebenen, in welchen ein Wasserstrahl auf eine Eisplatte aufielf.

§ 45. **Coehns qualitative Regel.** Der einzige Versuch, eine ganz allgemeine Regel für die Potentialdifferenz der Doppelschichten verschiedener Stoffe aufzustellen, stammt von COEHN.<sup>2)</sup> Dieser Autor stellte, gestützt auf die eben besprochenen Resultate, sowie auf Versuche verschiedener Beobachter über Elektrizitätserregung bei Reibung fester Stoffe<sup>3)</sup> die Regel auf: „Stoffe von höherer Dielektrizitätskonstante laden sich positiv bei Berührung mit Stoffen von niedriger Dielektrizitätskonstante“. Das entgegengesetzte Verhalten von Wasser ( $K=81$ ), Alkohol ( $K=26$ ) einerseits, Terpentinöl ( $K=2,2$ ) andererseits, gegenüber den meisten Substanzen würde sich demnach aus den extremen Werten ihrer Dielektrizitätskonstanten erklären, ebenso daß Schwefel ( $K=2,0$ ) in diesen Flüssigkeiten sich gleich verhält.

(Zur Kontrolle führte COEHN eine Reihe von weiteren qualitativen Versuchen mit verschiedenen Flüssigkeiten in Glasröhren aus, deren Wand infolge Erhitzens und Eintauchens in Wasser von zahlreichen Sprüngen durchsetzt war, und so als Diaphragma dienen konnte. Als Stromquelle wurde ein Induktorium verwendet, und der elektrosmotische Vorgang wurde an der Niveauänderung der eingebrachten Flüssigkeit verfolgt. In anderen Versuchen wurde das Diaphragma in der Weise gebildet, daß Glas- oder Schwefelpulver in ein Röhrchen eingestampft wurde. →

← So ergab sich folgende Tabelle, wo die Zeichen + oder — den Sinn der Ladung gegen den festen Körper bedeuten (siehe die Tabelle auf nächster Seite):

Im ganzen stimmte also die Regel und es ist möglich, daß die wenigen Abweichungen auf Verunreinigungen u. dergl. beruhen. Die Art des Glases schien gleichgültig zu sein, mit Ausnahme gegenüber Propionsäure, woraus COEHN schließt, daß  $K$  für die verwendeten Glassorten 5,5—6,16 betragen habe. Auch wurde Kataphorese von Tröpfchen einer Flüssigkeit in einer anderen beobachtet, und daraus ergab sich für Terpentin, Schwefelkohlenstoff, Äther, Nitrobenzol negative Ladung gegen Wasser, ebenso auch für Nitrobenzol gegen Glycerin.

<sup>1)</sup> L. SOHNCKE, Wied. Ann. 28. 550. 1886.

<sup>2)</sup> A. COEHN, Wied. Ann. 64. 217. 1898.

<sup>3)</sup> Insbesondere handelt es sich um die von RIESS, RIECKE, RITTER, HOORWEG angegebenen „Spannungsreihen“ fester Dielektrika.

	$K'$	Glas	Schwefel		$K''$	Glas	Schwefel
Wasser . . . . .	80,9	+	+	Amylformiat . . . . .	7,7	+	+
Glyzerin . . . . .	56,2	+	+	Anilin . . . . .	7,22	+	+
Nitrobenzol . . . . .	32,2	+	+	Äthylacetat . . . . .	6,16	+	+
Methylalkohol . . . . .	32,6	+	+	Propionsäure . . . . .	5,50	-	+
Äthylalkohol . . . . .	25,8	+	+	Äthylbutyrat . . . . .	5,3	+	+
Propylalkohol . . . . .	22,8	+	+	Amylacetat . . . . .	5,2	+	+
Allylalkohol . . . . .	21,6	+	+	Chloroform . . . . .	5,02	-	-
Aceton . . . . .	21,8	+	+	Äthyläther . . . . .	4,25	-	+
Aldehyd . . . . .	18,6	+	+	Buttersäure . . . . .	3,16	-	+
Amylalkohol . . . . .	16,0	+	+	Valeriansäure . . . . .	3,06	-	-
Benzoldehyd . . . . .	14,5	+	+	Schwefelkohlenstoff . . . . .	2,63	-	-
Essigsäure . . . . .	9,7	+	+	Xylol . . . . .	2,57	-	?
Äthylformiat . . . . .	9,1	+	+	Toluol . . . . .	2,36	-	?
Äthylbromid . . . . .	8,9	+	+	Benzol . . . . .	2,25	-	?
Methylacetat . . . . .	7,7	+	+	Terpentinöl . . . . .	2,23	-	-

§ 46. **Coehns quantitatives Ladungsgesetz.** Schon in dieser Arbeit bemerkt COEHN mit Rücksicht auf die früher zitierten Versuche von TERESCHIN (§ 5), daß sein Ladungsgesetz auch quantitative Gültigkeit haben dürfte, und dieser Gedanke wird in einer nachfolgenden, im Verein mit RAYDT ausgeführten Arbeit<sup>1)</sup> in der Form ausgesprochen: „Bei der Berührung der Dielektrika ladet sich der Stoff mit höherer DK. positiv gegen den Stoff mit niedrigerer DK. Die entstehende Potentialdifferenz ist proportional der Differenz der DK. der sich berührenden Stoffe.“)

(Als Grundlage diente hierzu eine systematische Untersuchung der Steighöhen von 24 Flüssigkeiten nach der QUINCKESchen Steighöhenmethode. Benutzt wurde ein ziemlich komplizierter Apparat mit getrennter Überführungskapillare und Steighöhenkapillare; letztere blieb mit einer und derselben Flüssigkeit (Methylalkohol) gefüllt, wodurch der Einfluß der Verschiedenheiten der Oberflächenspannung beseitigt war, während die Überführungskapillare samt den beiderseitigen weiteren Anschlußgefäßen, durch ein mit Quecksilber gefülltes weites U-Rohr getrennt, mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt wurde.)

(Um Verunreinigungen zu verhüten, wurde für jede Flüssigkeit eine eigene Überführungskapillare verwendet, und es wurden jedesmal zwei Vergleichsversuche mit Aceton angestellt. Eigentümlich ist die Kürze der benutzten Kapillaren<sup>2)</sup> (etwa 5 mm lang, 0,13–0,55 mm weit); die Spannung (440 Volt) wurde durch Platindrähte, welche sich zu beiden Seiten der Kapillare befanden, zugeführt.

Um das ausgesprochene Gesetz zu begründen, verfahren die Verfasser derart, daß sie es als gültig annehmen und daraus die Dielektrizitätskonstanten  $K_x$  der angewandten Flüssigkeiten berechnen, indem die relativen, auf Azeton bezogenen Steighöhen  $h/h_0$  als Maß der Potentialdifferenzen angesehen werden:

$$\frac{h_x}{h_0} = \frac{\varphi_x - \varphi_{\text{Glas}}}{\varphi_0 - \varphi_{\text{Glas}}} = \frac{K_x - K_{\text{Glas}}}{K_0 - K_{\text{Glas}}}$$

← Da der Wert  $K_0$  für Azeton selbst weniger genau bekannt ist als jener für Wasser, wurde derselbe aus Beobachtung der relativen Steighöhen im Vergleich mit Wasser bestimmt, so daß sich die Schlußformel ergab:

$$K_x = \frac{h_x}{h_0} \cdot \frac{h_0}{h_w} [K_w - K_{\text{Glas}}] + K_{\text{Glas}}$$

worin  $K_w = 81$ ,  $h_0 = 60$ ,  $h_w = 210$ ,  $K_{\text{Glas}} = 6.0$ .

<sup>1)</sup> A. COEHN u. U. RAYDT, Ann. d. Phys. 30. 777. 1909.

<sup>2)</sup> Dies scheint mir ein etwas bedenklicher Umstand zu sein, da das starke Potentialgefälle eine Fehlerquelle mit sich bringen könnte: es mußten nämlich gleichzeitig an der Oberfläche Flüssigkeit–Glas statische Ladungen bestehen, da das Potential des umgebenden Thermostaten auf dem Potential der einen End-Elektrode gehalten wurde.



Die zweite Kolonne der nachstehenden Tabelle gibt die derart aus den beobachteten  $h_x$  berechneten Resultate, welchen in Kolonne 3 die anderweitig bestimmten Werte von  $K_x$  gegenüberstehen.

	$h_x$	$K_x$ ber.	$K_x$ gem.	$\frac{\varphi_i - \varphi_a}{\varphi_0 - \varphi_a}$
Wasser . . . . .	210	81	81	1,14
Nitromethan . . . . .	70	31	56	0,55
Nitrobenzol . . . . .	88,5	37,6	37,2	1,05
Acetonitril . . . . .	106	43,6	36,4	1,31
Methylalkohol . . . . .	80	34,5	34	1,03
Nitroäther . . . . .	37,75	19,5	29	0,57
Nitrotoluol . . . . .	51	24,2	27	0,83
Aceton . . . . .	60	27,5	26,5	1,00
Acetylaceton . . . . .	57	26,5	26	0,97
Äthylalkohol . . . . .	58	26,6	25,5	1,01
Propylalkohol . . . . .	48	23,2	22,4	0,94
Butylalkohol . . . . .	29,5	16,5	18,75	0,69
Acetophenon . . . . .	37	19,2	18,6	0,88
Methyläthylketon . . . . .	38	19,6	18,4	0,91
Äthylnitrat . . . . .	35	18,6	17,7	0,87
Methylpropylketon . . . . .	34	18,2	16,75	0,90
Benzaldehyd . . . . .	19	12,8	14	0,60
Pyridin . . . . .	14,4	11,3	12,4	0,51
Äthylchlorid . . . . .	11,6	10,2	11,1	0,46
Methylacetat . . . . .	9,5	9,4	8,0	0,52
Anilin . . . . .	7,8	8,8	7,3	0,47
Chloroform . . . . .	1,67	5,4	5,18	-0,14
Äthylbromid . . . . .	2,95	4,95	4,87	-0,27
Benzol . . . . .	8,9	2,8	2,4	-1,64

§ 47. Berichtigte Gestalt des Ladungsgesetzes. Die Zahlen der zweiten und dritten Kolonne zeigen mit gewissen Ausnahmen allerdings eine auffallende Übereinstimmung, was die Verfasser als Beweis des obigen Satzes ansehen. Doch bemerken wir, daß die theoretische Grundlage dieser Überlegungen einer Revision bedarf, indem COEHN und RAYDT die Formel (17) in ihrer ursprünglichen, von HELMHOLTZ angegebenen Gestalt anwenden, welche den Faktor  $K$  nicht enthielt. HELMHOLTZ ist hier zweifellos ein Versehen untergelaufen, und eine richtige Berechnung muß dem Einfluß der Dielektrizitätskonstanten in der im § 11 angegebenen Weise Rechnung tragen.

Wird aber die berichtigte Formel (17) angewendet, so ergeben sich die in der vierten Kolonne angeführten relativen Werte des Potentialsprunges  $\varphi_i - \varphi_a$  (bezogen auf  $\varphi_i - \varphi_a$  für Azeton = 1, da leider die Daten zur Berechnung der absoluten Werte nicht genügen). Anstatt der in ihrer Größenordnung für die verschiedenen Flüssigkeiten so weit auseinanderliegenden, für Glas — Wasser bis über 5 Volt betragenden Potentialdifferenzen, deren Größe schon manchen Autoren Bedenken einflößte<sup>1)</sup>, muß man also tatsächlich für die verschiedensten Flüssigkeiten in Berührung mit Glas Potentialsprünge der gleichen Größenordnung (von etwa 0,05 Volt) annehmen.

Dasselbe betrifft auch weitere Messungen der Verfasser, in welchen Mischungen von Azeton-Benzol und Azeton-Methylazetat angewendet wurden, sowie jene in welchen die Temperaturabhängigkeit der Steighöhe von Azeton und Wasser<sup>2)</sup> (für Temperaturen von 0—35°) bestimmt wurde.)

(Nebstbei wurde bemerkt, daß Quarz ungefähr dieselben Steighöhen gibt wie Glas, sowie daß auch in einer Diamantkapillare ( $K=6,5$  bis 7) Wasser, Azeton, Methyläthylketon und Methylacetat positive Werte von ähnlicher Größe wie in Glas, Chloroform geringe negative Werte aufwiesen.

<sup>1)</sup> Siehe z. B. A. CAMERON u. E. ÖTTINGER, Phil. Mag. 18. 586. 1909.

<sup>2)</sup> Das in § 44 angegebene Verhalten von Wasser gegen Eis scheint der COEHNschen Regel zu widersprechen, da Eis ein  $K=3$  besitzt. COEHN beseitigt jedoch diese Schwierigkeit durch die Bemerkung, daß sich in diesem Falle nur wärmeres Wasser an der dem Eise anhaftenden Wasserschicht von 0° reibe; so stimmt das Vorzeichen mit der COEHNschen Regel, da die Dielektrizitätskonstante des Wassers mit Temperaturabnahme wächst.

Nach alledem würde aus den Arbeiten von COEHN und RAYDT hervorgehen, daß der erste Teil des Ladungsgesetzes, betreffend den Sinn der Potentialdifferenz der Doppelschicht, auf tatsächlicher Grundlage beruht; das quantitative Ergebnis derselben wäre jedoch dahin auszusprechen, daß die Differenz der D.K. die Größe der Aufladung bestimmt, oder daß der Wert des Potentialsprungs in allen Fällen von ungefähr derselben Größenordnung ist.

Auch der erste Teil des Ladungsgesetzes kann jedoch auf keinen Fall Allgemeingültigkeit beanspruchen, denn Untersuchungen, welche im folgenden näher besprochen werden sollen, haben gezeigt, daß minimale Zusätze von Säuren, Salzen u. dergl., welche die Dielektrizitätskonstante nicht merklich beeinflussen können, schon genügen, um den Sinn der Doppelschichtladung umzukehren. COEHN selber schränkt die Gültigkeit jener Regel auf „Dielektrika“ ein. Doch bedarf dieser Begriff wohl noch der Präzisierung durch weitere Untersuchungen.

**§ 48. Lösungen, Zusammenstellung älterer Versuche.** Daß der Potentialsprung der Doppelschicht für Lösungen verschieden ist von jenem des Wassers und daß er von der Konzentration abhängt, ging schon aus den Messungen von WIEDEMANN und FREUND für Tondiaphragmen hervor.

HELMHOLTZ ~~(1874)~~ benutzte die Angaben WIEDEMANNs, um die betreffenden Werte für sehr verdünnte Lösungen von  $H_2SO_4$ ,  $CuSO_4$ ,  $Cu(NO_3)_2$ ,  $AgNO_3$  zu berechnen, wobei sich mit Berücksichtigung des Faktors  $K$  Potentialdifferenzen von etwa 0,005 Volt bis 0,023 Volt ergeben. Die Anführung der Zahlen mag wohl unterbleiben, da ihre Genauigkeit ziemlich problematisch ist; insbesondere die als Maß der Zähigkeit angesehenen Ausflußzeiten erscheinen recht unwahrscheinlich.

In ähnlicher Weise hat DORN (loc. cit. § 26) die Versuche FREUNDs verwertet, um jene Größe für ziemlich konzentrierte  $ZnSO_4$ -Lösungen zu berechnen. Es zeigt sich, daß in diesem Falle die Potentialdifferenz mit der Konzentration zunimmt, indem dieselbe für eine beiläufig 9%ige Lösung 0,014 Volt, für eine 26%ige Lösung 0,031 Volt beträgt. Mithin müßte in größerer Verdünnung ein Minimum bestehen.<sup>1)</sup>

Auch die Angaben SAXÉNS ließen sich bei Benutzung anderweitiger Bestimmungen von  $\sigma$  und  $\eta$  in analoger Weise verwerten.

Daß schon sehr geringe Zusätze von Elektrolyten unter Umständen einen großen Einfluß auf die elektromotorischen Erscheinungen ausüben, erwiesen die im § 33 erwähnten Versuche von ZAKRZEWSKI<sup>2)</sup> über Strömungsströme, die durch Wasser oder wässrige Lösungen von  $AgNO_3$  in versilberten Glasröhren erzeugt wurden. Es zeigte sich, daß in Lösungen von über  $1/3000$  normaler Konzentration der Strömungsstrom der Wasserbewegung entgegengesetzt ist, daß also die Flüssigkeit in stärker konzentrierten Lösungen gegenüber der Wand negativ geladen ist. Dagegen verhielten sich konzentrierte  $Ag_2SO_4$  und  $AgCH_3CO_2$  Lösungen wie reines Wasser.

**§ 49. Perrins Versuche.** Eine grundlegende systematische Untersuchung dieser Verhältnisse verdankt man PERRIN.<sup>3)</sup> Er benutzte hierzu einen Apparat, dessen Hauptteil ein U-Rohr mit einem zerlegbaren Schenkel war. In dem letzteren wurde aus fein pulverisiertem, mit der Flüssigkeit zu einem Brei verrührten Material ein Diaphragma hergestellt (von etwa 10–12 cm Dicke), und mittels beiderseits eingeschmolzenen Elektroden wurde ein Spannungsgefälle, meist 10 Volt/cm, erzeugt. Die elektromotische Überführung der das ganze Gefäß ausfüllenden Flüssigkeit machte sich an dem Vorrücken des Meniskus in einer seitlich fast horizontal angebrachten Kapillare kenntlich, die in  $0,01 \text{ cm}^3$  eingeteilt war. Nach Formel (23) ist das in einem gegebenen Zeit-Intervall übergeführte Volumen von den Dimensionen des Diaphragmas unabhängig und proportional dem Koeffizienten  $\frac{K(\varphi_1 - \varphi_2)}{\eta}$ .

<sup>1)</sup> Vgl. die Versuche von RIÉTY § 53.

<sup>2)</sup> C. ZAKRZEWSKI, ~~Monatsh.~~ 1900, p. 224; Phys. Ztschr. 2, 146. 1900.

<sup>3)</sup> J. PERRIN, Journ. d. Chim. Phys. 2, 601. 1904; 3, 50. 1905.

*Bull. Int. de l'Acad.  
d. Sc. de Cracovie*

PERRIN kam vor allem zu dem Schlusse, daß eine merkliche Überführung bei Anwendung beliebiger Diaphragmen nur bei Wasser, Methylalkohol, Äthylalkohol, Aceton, Acetylaceton, Nitrobenzol, stattfindet, daß sie dagegen bei Chloroform, Äther, Petroleum, Benzol, Terpinöl, Schwefelkohlenstoff selbst bei 9 mal so starkem Potentialgefälle unmerklich ist. Da die Flüssigkeiten der ersten Kategorie alle ein elektrolytisches Ionisationsvermögen besitzen, schließt PERRIN, daß diese Eigenschaft für die Elektrosnrose maßgebend ist.

Dagegen würden sich die Unterschiede nach den früher genannten Arbeiten ganz auf den Einfluß des Faktors  $K$  zurückführen lassen.

**§ 50. Einfluß der H- und OH-Ionen.** Nun ging PERRIN an die Untersuchung der verschiedensten verdünnten wässrigen Lösungen. Es zeigte sich vor allem, daß schon außerordentlich geringe Zusätze von Säure oder Alkali den Sinn der Elektrosnrose durch ein Kohlediaphragma positiv oder negativ machen, und ähnlich verhielten sich auch Diaphragmen aus anderen Stoffen. Schwach alkalische Lösungen gaben positive Überführung (gegen die Kathode zu), schwach saure im entgegengesetzten Sinne, wenn Diaphragmen von folgenden Stoffen angewendet wurden:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CoO}$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{CuC}$ ,  $\text{ZnCO}_3$ ,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{AgCl}$ ,  $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ , Karborundum, Naphtalin, Salol, Gelatine.)

Die quantitativen Angaben sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt; dabei ist in der ersten Reihe die Substanz des Diaphragmas, in der zweiten und dritten die Konzentration (in g-Molekülen pro Liter) und Art der Lösung, in der vierten das pro Minute übergeführte Flüssigkeitsvolum (in  $\text{mm}^3$ ) angegeben. Das vorgesetzte Zeichen bedeutet den Sinn der Elektrosnrose, also zugleich auch das Zeichen der Ladung der Flüssigkeit.<sup>1)</sup>

$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,002	$\text{HNO}_3$	-110	S	0,02	HCl	22
	0,0004	HCl	-70		0,002		0
	0,002		+55		0,002	KOH	-65
	0,004	NaOH	+90		0,02		-92
$\text{C}_{10}\text{H}_8$	0,02		-38	Salol	0,02		-18
(Naphtalin)	0,01		-39		0,002	HCl	0
	0,001	HCl	-28		0,0001		10
	0,0002		-3		0,0025		-50
	0,0002		+29		0,02	KOH	-65
	0,001	KOH	+60	Karborundum	0,02		10
	0,02		+60		0,008	HCl	0
$\text{CrCl}_3$	0,001	$\text{HClO}_4, \text{HBr}$ etc.	-95		0,002		-15
	0,002	$\text{KOH}, \text{LiOH}$ etc.	+85		0,000	$\text{H}_2\text{O}$	-50
$\text{AgCl}$	0,002	HCl	-30		0,0002		+60
	0,002	KOH	+85		0,002	KOH	+105
$\text{BaSO}_4$	0,002	HCl	-9	Gelatine	0,02	HCl	-22
	0,004	KOH	+7		0,01	KOH	+35
$\text{B}_2\text{O}_3$	Gesättigte Lös.	m. Spur HCl	-2	Cellulose	0,033		0
	"	• „ neutral	+10		0,002	HCl	20
					0,002	KOH	70

Jodoformdiaphragmen gaben immer positive Überführung, auch in 0,033 HCl-Lösungen. Leider war die Stromstärke nicht gemessen worden, so daß sich die absoluten Werte ( $q_1$ ,  $q_a$ ) nicht berechnen lassen; die Zahlen der vierten Reihe sind also nur ein sehr ungefähres Maß der Relativwerte der Potentialdifferenz. Auch ist Glas nicht untersucht worden, so daß man die Zahlen auch nicht an die mit Glaskapillaren von anderen Beobachtern gewonnenen Werte anschließen kann.

Ein gemeinsamer Zug dieser verschiedenen Beobachtungen ist die rasche Veränderlichkeit des Potentials in der Nähe des Neutralitätspunktes; dagegen würde es scheinen, als ob dasselbe in konzentrierteren Lösungen einem konstanten Wert zustreben würde (vgl. Naphtalin).

<sup>1)</sup> Bei PERRIN sind die Zeichen umgekehrt, da er mit denselben den Ladungssinn der Wand bezeichnet.



310 Da PERRIN durch Versuche mit einem  $\text{CrCl}_3$ -Diaphragma feststellte, daß Zusätze einwertiger Säuren wie  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$ ,  $\text{CCl}_3\text{COOH}$  in gleicher Weise wirken, indem sie negative Überführung hervorrufen, andererseits daß einwertige Basen, wie  $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{LiOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , sämtlich positive Überführung bewirken, während 0,01 normale Lösungen von Salzen wie  $\text{NaBr}$ ,  $\text{KBr}$ ,  $\text{KJ}$ ,  $\text{NaJ}$ ,  $\text{KNO}_3$  überhaupt keine merkliche elektromotische Wirkung haben, so schließt er, daß es bei dieser Erscheinung vor allem auf den Gehalt an  $\text{H-}$  und  $\text{OH-Ionen}$  ankommt, während andere einwertige Ionen sehr wenig wirksam sind.

Nun zeichnen sich diese Ionen vor den anderen durch ihre große elektrolytische Wanderungsgeschwindigkeit aus, daher sind ihre Dimensionen wahrscheinlich kleiner als jene der übrigen Ionen. PERRIN meint, einen Gedanken von LANGEVIN weiter ausführend, daß dies ihre elektromotische Wirksamkeit erkläre; denn die Schwerpunkte der kleinen  $+\text{H}$ ,  $-\text{OH}$ -Ionen werden beim Kontakt mit einer festen Wand derselben näher stehen als dies für größere Ionen der Fall ist. Daher wird für die Ladung der unmittelbar der Wand anliegenden Flüssigkeitsschicht der Gehalt an  $\text{H}$ ,  $\text{OH}$ -Ionen maßgebend sein: in einer alkalischen Lösung wird sie negativ geladen sein, während die weiter entfernten Schichten eine äquivalente positive Ladung enthalten, und die Flüssigkeit wird infolgedessen eine „normale“ Überführung im Sinne des Stromes erfahren. Daß Wasser in Glasröhren sich in dieser Weise verhält, rührt nach PERRIN eben davon her, daß es durch Hydrolyse des Glases an der Oberfläche desse/ben alkalisch wird<sup>1)</sup>.

§ 51. Einfluß mehrwertiger Ionen. Hierauf geht PERRIN zur Untersuchung des Einflusses mehrwertiger Ionen auf diese Erscheinungen über. Es zeigte sich, daß die Elektromose einer mit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  angesäuerten Lösung durch ein  $\text{CrCl}_3$  Diaphragma viel geringer war als für Lösungen einwertiger Säuren. Dagegen war die Elektromose einer alkalischen Lösung ganz unabhängig von einem eventuellen Gehalt an  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . PERRIN schließt also, daß das zweiwertige Ion  $\text{SO}_4^{--}$  — die Wirkung des entgegengesetzten Ions  $\text{H}^+$  paralisiert, aber jene des gleichnamigen Ions  $\text{OH}^-$  — nicht verstärkt.)

(Diese Bemerkung verallgemeinert er sodann durch Beobachtung einer größeren Anzahl gemischter Lösungen und schließt allgemein: Handelt es sich um eine Flüssigkeit, welche der Wand eine Lösung von gewissen Zeichen erteilt, so vermindert sich diese Ladung bedeutend infolge Zusatz eines mehrwertigen Ions von entgegengesetztem Zeichen; mitunter kann sogar Umkehr des Ladungssinnes eintreten. Dabei wächst der Einfluß der Ionen sehr stark mit deren Wertigkeit.)

Aus dem Zahlenmaterial seien nur einige Beispiele angeführt, die sich auf ein  $\text{CrCl}_3$ -Diaphragma beziehen:

1. Zweiwertiges Anion $\text{SO}_4^{--}$ — —				2. Vierwertiges Anion $\text{FeCy}_6^{--}$ — — — —									
0,005	KOH			+	84	0,001	HCl	—	86				
0,005	KOH	0,002	$\text{H}_2\text{SO}_4$	+	84	0,001	HCl	0,0005	$\text{K}_4\text{FeCy}_6$	—	1,5		
0,001	$\text{HNO}_3$			—	85								
0,001	$\text{H}_2\text{SO}_4$				21								
0,001	HCl			—	86								
0,001	HCl	0,0002	$\text{KHSO}_4$	—	25								
0,001	$\text{HNO}_3$			—	88								
0,001	$\text{HNO}_3$	0,001	$\text{MgSO}_4$	—	23								
0,001	$\text{HNO}_3$	0,01	$\text{CdSO}_4$	—	4								
				3. Zweiwertiges Kation $\text{Ca}^{++}$ + +									
								Schwach angesäuertes Wasser:		—	41		
								dasselbe mit 0,002 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$		—	41,5		
								0,005	KOH	+	86		
								0,005	KOH	0,002	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	—	6

<sup>1)</sup> Auch sonst würde das Verhalten des Glases mit den von PERRIN untersuchten Stoffen übereinstimmen, denn es ist bekannt, daß die positive Überführung des Wassers (in Kontakt mit Glas) bei Ansäuerung desselben stark abnimmt, dagegen durch Zusatz von  $\text{KOH}$  nur wenig vergrößert wird. (Vgl. z. B. A. COEHN u. U. RAYDT, Ann. d. Phys. **30**, 793, 1909; A. CAMERON u. E. ÖTTINGER, Phil. Mag. **18**, 586, 1909.)

← Ferner ein mit dem Karborundum-Diaphragma ausgeführter Versuch:

4. Dreiwertiges Kation La +++

0,0002	KOH			± 60
0,0002	KOH	0,00004	La(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	± 58
0,0002	KOH	0,0002	"	± 18
0,0002	KOH	0,001	"	+ 0,7
H <sub>2</sub> O		0,001	"	- 5
0,001	HCl	0,001	"	± 0,2
0,002	HCl	0,001	"	- 2

Auch einwertige Ionen üben übrigens einen analogen Einfluß aus, indem sie die durch H- oder OH-Ionen hervorgerufenen Erscheinungen behindern, und müssen in weit größeren Mengen zugesetzt werden als mehrwertige Ionen, wie das nachfolgende Beispiel zeigt:

CrCl <sub>3</sub> -Diaphragma;	0,002	KOH		+ 105
	0,002	KOH	0,1 NaBr	+ 24
	0,002	HCl		- 100
	0,002	HCl	0,1 KBr	- 35

FREUNDLICH<sup>1)</sup> extrapoliert nach PERRINS Angaben die Konzentrationen (in Millimol pro Liter) der verschiedenartigen Elektrolyten, welche zu einer schwach sauren, bzw. alkalischen Flüssigkeit zugesetzt werden müssen, um deren Überführung gerade auf die Hälfte herabzusetzen.:

Karborundum	{ NaBr . . . 0,05	Chromchlorid	{ KBr . . . . 0,06
in schwach alkal. Lösung	{ Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . . 0,002	in schwach saur. Lösg.	{ MgSO <sub>4</sub> . . . 0,001
	{ La(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> . . 0,0001		{ K <sub>3</sub> Fe(Cy) <sub>6</sub> . . 0,0001

Die Zahlen illustrieren wohl am besten den Einfluß der Wertigkeit; sie dürfen jedoch nicht verallgemeinert werden, da die Verhältnisse je nach der Art des angewandten Diaphragmas und der Konzentration der Grundlösung verschieden sein können.

Was nun die Erklärung dieses Einflusses der zugesetzten Ionen anbelangt, so meint PERRIN, daß dieselben durch die entgegengesetzt geladenen Ionen H oder OH bis an die Wand mitgeführt werden und daselbst deren Ladung kompensieren; worauf jedoch der Einfluß der Valenz beruht, versucht er nicht näher aufzuklären.

§ 52. Vergleich zwischen Perrins und Coehns Resultaten. PERRINS Untersuchungen haben unzweifelhaft viel neues zur Aufklärung der ganzen Frage beigetragen, obwohl gegen einzelne Punkte manche Einwendungen erhoben werden könnten. So z. B. dürften manche der benutzten Diaphragmen erhebliches Leitvermögen besitzen, was die Anwendung der HELMHOLTZschen Formeln zweifelhaft erscheinen läßt.

Auffallend ist der Kontrast zwischen PERRINS und COEHNS Resultaten. PERRIN neigt der Meinung zu, daß die Art der Wandsubstanz im Grunde genommen gleichgültig ist, daß in reinem Wasser ein jeder Stoff neutral sei, und daß die Ausnahmen hiervon auf sekundären Einflüssen, insbesondere auf einem gewissen Grad von Löslichkeit der Wandsubstanz (z. B. Glas), beruhen.)

(Nach COEHN hingegen wäre die Dielektrizitätskonstante der Wand und der Flüssigkeit für das Zeichen der Doppelschicht maßgebend. Es wäre möglich, daß sich beide Anschauungen bis zu einem gewissen Grade vereinigen lassen, daß nämlich für reine Flüssigkeiten die Ansicht COEHNS die richtige ist, während sonst der enorme Einfluß der Konzentration der H- und OH-Ionen, sowie der Wertigkeit anderer Ionen, durch PERRIN sowie auch andere Forscher heute als sichergestellt zu betrachten ist.

<sup>1)</sup> H. FREUNDLICH, Kapillarchemie 1909. p. 238.

313

Trotzdem verbleiben dann noch zahlreiche Widersprüche zwischen beiden Untersuchungen, deren Aufklärung dringend erwünscht ist. So konnte PERRIN bei gewissen Flüssigkeiten (Terpentinöl, Chloroform) keine Überführung konstatieren, bei denen andere Beobachter (QUINCKE, COEHN) solche deutlich wahrnahmen. Andererseits scheint COEHNs Regel mit jenen Beobachtungen PERRINS in Widerspruch zu stehen, denen zufolge reines Wasser in Aluminiumoxyd<sup>1)</sup>, Chromchlorid, Baryumsulfat-Diaphragmen negative Überführung zeigen sollte. Oder sollten diese Stoffe ein größeres  $K$  besitzen als Wasser?

§ 53. Andere Versuche über Einfluß der Konzentration wässriger Elektrolyte, Cameron u. Öttinger, V. d. Ven, Riéty. Quantitative, mit PERRINS Schlüssen übereinstimmende Resultate haben in einem bestimmten Falle CAMERON und ÖTTINGER<sup>2)</sup> bei Versuchen über Strömungsströme erhalten. Die mit verdünnten wässrigen Lösungen von  $\text{HCl}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{KCl}$  in Glaskapillaren ausgeführten Messungen gaben sehr schwankende Resultate, jedoch deutlich höhere in alkalischen als in sauren Lösungen.

Im Mittel nehmen die Verfasser als Wert des Potentialsprunges für  $1/5000 - 1/2500$  normale saure Lösungen den Wert 4—4,5 Volt, für alkalische 5,5 Volt an. Dabei benutzten sie jedoch die Formel (22), ohne den Faktor  $K$  einzuführen. Wird dieselbe durch dessen Einführung korrigiert, so folgt daraus für Glas-alkalische Lösung:  $\varphi_i - \varphi_a = +0,069$  Volt, für Glas-saure Lösung:  $\varphi_i - \varphi_a = +0,050$  Volt. Hierauf kommen wir noch im § 70 zurück.

Auf Salzlösungen von stärkerer Konzentration (etwa 0,1—1 norm.) beziehen sich die elektromotischen Überführungsversuche von V. d. VEN<sup>3)</sup>. Derselbe findet, daß die durch Tondiaphragmen übergeführte Lösungsmenge proportional ist dem Verhältnis der Stromstärke zu der pro Volumeinheit der Lösung enthaltenen Gewichtsmenge Salz. Da bei diesen Lösungen das spezifische Leitvermögen mit einiger Annäherung proportional ist der Konzentration, dividiert durch die Zähigkeit der Lösung, würde aus Formel (23) folgen, daß die Potentialdifferenz ( $\varphi_i - \varphi_a$ ) in diesem Bereiche von der Konzentration ziemlich unabhängig ist. Allgemeine Bedeutung dürfte jedoch jener Satz wohl nicht besitzen (vgl. § 48, 50, 62). Interessant ist, daß die Sulfate von Eisen, Nickel, Zink, Kupfer positive, dagegen die Chloride und Nitrate derselben Metalle negative Überführung aufweisen.

Konzentrationen mittlerer Größenordnung verwendete RIÉTY<sup>4)</sup> in seinen im § 30 erwähnten Versuchen über Strömungsströme, die durch  $\text{CuSO}_4$ -Lösungen in Glaskapillaren erzeugt wurden. Aus den Angaben dieses Verfassers ergeben sich nach Formel (22) die in der folgenden Tabelle als  $\varphi_i - \varphi_a$  angegebenen Potentialsprünge:

Konzentr.	$\frac{\text{gr}}{\text{Liter}}$	Normal. .	$E/P$	$1/\sigma \cdot 10^4$	$\varphi_i - \varphi_a$
20	$\frac{1}{8}$		0,00019	62,2	0,0017
10	$\frac{1}{16}$		0,00035	36,8	0,0018
5	$\frac{1}{32}$		0,00060	20,6	0,0017
2,5	$\frac{1}{64}$		0,00079	12,5	0,0014
2	$\frac{1}{80}$		0,0012	10,1	0,0017
1,25	$\frac{1}{128}$		0,0025	6,8	0,0024
1	$\frac{1}{160}$		0,0071	5,9	0,0058

<sup>1)</sup> Für Wasser in Berührung mit Tonerde ist positive Überführung sicherstehend (WIEDEMANN, QUINCKE, CRUSE u. a.).

<sup>2)</sup> A. CAMERON u. E. ÖTTINGER, Phil. Mag. 18. 586. 1909.

<sup>3)</sup> E. VAN D. VEN, Arch. Musée Teyler, (2). 8. 93, 199, 363, 390, 489. (1902/03); 9. 97, 217, 573. (1904/05); 11. 185. (1908). Versuche über elektrische Osmose durch Tondiaphragmen wurden früher ausgeführt von: FRAY u. HOLMES, Am. Chem. Journ. 36. 28. 1907; 40. 319. 1908. Darnach sollte die Osmose von 0,001 norm. Lösungen der Nitrate von K, Na,  $\text{NH}_4$ , Li, Cs, Rb, Ca, Ba, Sr im umgekehrten Verhältnis stehen zur Geschwindigkeit des Kations, dividiert durch seine Wertigkeit.

<sup>4)</sup> L. RIÉTY, C. R. 152. 1375. 1911.

314



Es würde also folgen, daß der Potentialsprung in verdünnter Lösung von der Konzentration abhängt und zwar mit Zunahme derselben rasch kleiner wird, jedoch in konzentrierteren Lösungen hiervon fast unabhängig wird, was mit den für Ton-diaphragmen erhaltenen Resultaten V. D. VENS übereinstimmen würde.)

(Der auf konzentrierte Lösung bezügliche Grenzwert würde somit nur etwa  $\frac{1}{30}$  des Normalwertes für reines Wasser betragen.)

(~~Nachtrag bei der Korrektur~~) RIÉTY<sup>1)</sup> hat seine Messungen über Strömungsströme weiterhin auf noch größere Konzentrationen (bis 2 norm.) und auf eine Anzahl verschiedener Elektrolyte ausgedehnt. Aus denselben geht hervor, daß Glas gegenüber Lösungen von KCl, KNO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>, KOH, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eine positive, mit Zunahme der Konzentration anfangs rasch abnehmende Potentialdifferenz ( $\varphi_i - \varphi_a$ ) aufweist. Bei CuSO<sub>4</sub> und ZnSO<sub>4</sub> wurde ein deutliches Minimum für 0,02 norm. bzw. 0,2 norm. Konzentration beobachtet. In verdünnten Lösungen von Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> treten positive, bei größerer Konzentration negative Werte auf, und hier ist ein negatives Maximum vorhanden.)

(Verf. interpretiert seine Resultate größtenteils im Sinne qualitativer Bestätigung der PERRINschen Regeln. Nebstbei bemerkt er (in Übereinstimmung mit anderen Beobachtern), daß die Herstellung konstanter Werte von ( $\varphi_i - \varphi_a$ ) ein mehr-tägiges Durchströmen der angewendeten Lösung erfordert und daß schon der Durchtritt einer Luftblase durch die Kapillare genügt, um eine langandauernde Störung hervorzurufen.)

Auf Diaphragmen von Gelatine, Agar, Pergamentpapier und auf verschiedene, in 0,001 bis 0,1 mol. Konzentration angewendete Elektrolyte [HNO<sub>3</sub>, HCl, NaOH, NaNO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaCl, AlCl<sub>3</sub>, Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] bezieht sich eine nach der elektrosmotischen Methode (analog PERRIN, § 49) ausgeführte Arbeit von J. O. WAKELIN, BARRATT und A. B. HARRIS<sup>2)</sup>. In allen Fällen fanden sie eine positive Überführung, mit Ausnahme von Gelatine mit HNO<sub>3</sub>, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, welche zur Anode überströmten. Im allgemeinen wuchs die Überführung mit der Konzentration, nur bei Agar traten Maxima für bestimmte Konzentrationen auf. Für kathodische Überführung sind zwei- und dreiwertige Anionen besonders wirksam, während zwei- und dreiwertige Kationen derselben entgegenwirken.

Letzteres Ergebnis stimmt auch mit einer früheren, analogen, an Diaphragmen aus Textilstoffen (Wolle, Baumwolle, Seide) ausgeführten Untersuchung von LARGUIER DE BANCELS<sup>3)</sup> überein.

§ 54. Elektromose sehr verdünnter Elektrolyte. (~~Die Methode~~) G. V. ELISSAFOFF<sup>4)</sup> hat eine durch die LEMSTRÖMSchen Versuche (§ 40) angeregte elektrosmotische Methode zur Untersuchung verdünnter Elektrolyte in Anwendung gebracht. Ein teilweise mit der Flüssigkeit gefülltes Stück Kapillarröhre (aus Glas oder Quarz) wurde der Länge nach in horizontaler Richtung zwischen zwei mit einer Influenzmaschine verbundenen Elektroden angebracht, und zwar so, daß das gefüllte Ende der Anode gegenüberstand. Die Menge der Flüssigkeit, welche in bestimmter Zeit entlang der benetzten Röhrenwand zu dem anfangs leeren, der Kathode gegenüberliegenden Ende überströmte, wurde als Maß der Elektromose angesehen. Daraus schloß der Verfasser, auf Grund vergleichender Messungen an der Lösung und an reinem Wasser (Leitfähigkeit  $K = 2 \cdot 10^{-6}$ ), auf die relative Größe der Potentialdifferenzen ( $\varphi_i - \varphi_a$ ). Beispielsweise seien hier zwei Versuche angeführt, wobei  $c$  die Konzentration in  $10^{-6}$  Molen und  $v$  die überführte Flüssigkeitsmenge (in mm) bedeutet:

<sup>1)</sup> L. RIÉTY, C. R. **154**. 1215. 1411. 1912; Recherches sur la force électromotrice produite par l'écoulement, Thèse. Paris. Gauthier-Villars. 1913.

<sup>2)</sup> J. O. WAKELIN BARRATT und A. B. HARRIS, Zeitschr. f. Elektrochem. **18**. 221. 1912.

<sup>3)</sup> LARGUIER DE BANCELS, C. R. **149**. 316. 1909.

<sup>4)</sup> G. V. ELISSAFOFF, Zeitschr. f. phys. Chem. **79**. 385. 1912.

## NaCl-Lösung in Glaskapillare:

$c$ :	0	75	22,5	68,0	136	225	2240	4500	9000
$\tau$ :	50	51	43	37	31	26	8	5	2

Th(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>-Lösung in Quarzkapillare:

$c$ :	0	0,36	1,0	1,9	3,8
$\tau$ :	50	27	2	0	- 12

Ganz erstaunlich ist die Wirkung minimaler Konzentrationen im letzten Falle; es genügte, gemäß den obigen Zahlen, ein Zusatz von 0,2 mg des (kristallwasserhaltigen) Salzes pro Liter Wasser, um die Elektromose auf die Hälfte herabzusetzen, und bei zehnmal größerer Konzentration trat sogar negative Überführung (gegen die Anode zu) ein.)

(Zu präzisen Messungen<sup>1)</sup> eignet sich eine solche Methode nicht, aber angesichts so kolossaler Unterschiede im Verhalten verschiedener Elektrolyte, wie sie jene zwei Beispiele zeigen, ist die Ableitung qualitativer Schlüsse aus jenen Messungen wohl berechtigt.

Die wichtigsten Ergebnisse sind folgende:

(Alle untersuchten Elektrolytzusätze, mit Ausnahme der Alkalien, verminderten die kathodische Überführung bei Glas und Quarz; Alkalien erhöhten sie bei Quarz, vielleicht auch, in schwacher Konzentration, bei Glas. [Kationen übertreffen an Einfluß die Anionen. Die Wirkung der Kationen der Leichtmetalle wächst mit der Wertigkeit derselben. Abnormal starke Wirkung wird von H-Ionen, besonders aber von Kationen der Schwermetalle sowie organischer Basen (Farbstoffe) ausgeübt. Salze mit Leichtmetall-Kationen und organischem Anion sind wirksamer als mit anorganischem Anion.] Allgemein geht die Wirksamkeit der Ionenzusätze ganz parallel mit der anderweitig bekannten Koagulationsfähigkeit derselben. (Vgl. § 64.)

← Auf diesen Zusammenhang, sowie auf die Erklärungsversuche derselben werden wir später noch zurückkommen. (Vgl. § 71.)

(Einstweilen konstatieren wir nur die Tatsache, daß PERINS Regeln bezüglich des Einflusses von Elektrolyt-Zusätzen auf die elektrosmotische Doppelschicht im allgemeinen bestätigt, aber in einzelnen Details (Schwermetalle, organische Farbstoffe u. dgl.) erweitert, bzw. modifiziert worden sind.

Von Nichtelektrolyten scheinen bisher nur Zuckerlösungen genauer untersucht worden zu sein. Vgl. ÖTTINGER § 29 ~~Erörterung~~.

**§ 55. Versuche mit anderen Lösungsmitteln.** Von anderen Lösungsmitteln als Wasser ist bisher nur der Methylalkohol durch BAUDOUIN<sup>2)</sup> eingehender studiert worden. BAUDOUIN benutzte hierbei die PERRINSche Versuchsmethode mit Anwendung etwas größerer Potentiale und erhielt auch ganz analoge Resultate.

Methylalkohol wird in Diaphragmen von CrCl<sub>3</sub>, PbSO<sub>4</sub>, MnO<sub>2</sub> anodisch, in S, SiO<sub>2</sub>, As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, PbJ<sub>2</sub> kathodisch übergeführt, ähnlich wie dies bei Wasser der Fall ist. Zusatz von H-Ionen (z. B. HCl) vermindert die kathodische Überführung. Ebenso wirken bei anodischer Überführung die Ionen CH<sub>3</sub>O, welche in Alkoholaten dieselbe Rolle spielen wie OH-Ionen in Alkalien. Ein sehr geringer Zusatz von KCH<sub>3</sub>O kann in diesem Falle die elektrische Endomose ganz aufheben, in größerer Konzentration den Sinn derselben umkehren.

Zusatz polyvalenter Kationen übt wenig Einfluß aus bei Anwendung von Diaphragmen, in denen die Flüssigkeit anodisch übergeführt wird, welche also selber positive Ladung besitzen; dagegen wird die Osmose in negativen Diaphragmen stark vermindert, eventuell auch umgekehrt.

<sup>1)</sup> Die vom Verf. angenommene empirische Gleichung  $\Delta v = k \log c + \gamma$  kann wohl nicht allgemein richtig sein, da sie für  $c = 0$  den Wert  $\Delta v = -\infty$  ergeben würde.

<sup>2)</sup> A. BAUDOUIN, C. R. 138. 898, 1165. 1904.

In analoger Weise wirken polyvalente Anionen auf positive Diaphragmen. Zusätze nicht dissoziierter Stoffe, wie Benzol, Naphthalin, Menthol, Kampfer, üben keine merkliche Wirkung aus.

Endlich ist noch eine Beobachtung von ASCOLI<sup>1)</sup> zu erwähnen, welcher bei Anwendung eines Diaphragmas aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  für flüssiges Ammoniak schwache anodische Überführung konstatierte. Wenn in der Flüssigkeit Natrium aufgelöst war, so trat Elektromose im umgekehrten Sinne und in viel stärkerem Maße auf. PERRIN sieht dies als eine Bestätigung seiner Betrachtungen an, da flüssiges Ammoniak ( $K=22$ ) ein gut ionisierendes Lösungsmittel ist.

~~In einer unlängst publizierten Arbeit<sup>2)</sup> hat~~ GRUMBACH<sup>2) hat</sup> mittels der Methode der Strömungsströme (durch Glaskapillaren) die Abhängigkeit des elektrischen Momentes der Doppelschicht einer 0,001 norm. KCl-Lösung von der Natur des Lösungsmittels untersucht. Insbesondere handelte es sich ihm um die Änderung des Wertes  $K(\varphi_i - \varphi_a)$ , welche eintritt, wenn anstatt reinen Wassers wässrige Lösungen von Methyl-, Äthyl-, Isobutylalkohol oder Phenol als Lösungsmittel verwendet werden. Als Beispiel sei eine auf Methylalkohol bezügliche Tabelle angeführt, in welcher  $\alpha$  die Anzahl Mole Alkohol pro 1000  $\text{cm}^3$  Lösung,  $\gamma$  die relativen Werte der Größe  $K(\varphi_i - \varphi_a)$  bedeutet:

$\alpha$	0	0,542	0,672	1,00	1,45	2,00	3,11
$\gamma$	1	0,948	0,937	0,901	0,874	0,869	0,693

← GRUMBACH findet, daß man für verdünnte Lösungen annähernd eine Kurve von der Gestalt  $1 - \gamma^2 = kx^2$  erhält, und bringt dies in Zusammenhang mit theoretischen, auf Grund der Adsorptionstheorie entwickelten Spekulationen.

## II. Ergebnisse der Untersuchungen über Kataphorese kolloidaler Lösungen.

§ 56. Allgemeines. Seit den Beobachtungen von BARUS und SCHNEIDER<sup>3)</sup>, PICTON und LINDER u. a. war bekannt, daß in kolloidalen Lösungen von Arsensulfid, Tonerde u. dergl., durch welche ein elektrischer Strom geleitet wird, die gelöste Substanz in der Richtung des Stromes (bzw. in umgekehrter Richtung) wandert, und COEHN<sup>4)</sup> hat wohl zuerst die Ansicht ausgesprochen, daß diese Erscheinung mit der kataphoretischen Überführung kleiner suspendierter Teilchen, wie sie QUINCKE § 6 beobachtet hat, identisch ist. Nachdem es heute außer Zweifel steht, daß die sogenannten kolloidalen Lösungen aus feinen suspendierten Teilchen bestehen, können wir diese Erscheinung und die daran geknüpften Untersuchungen ohne weiteres hier einordnen.

Allerdings fallen die meisten dieser Versuche insofern außer den Rahmen der üblichen Theorie der Elektromose und Kataphorese, als sich diese eigentlich nur auf isolierende Wände bezieht. Der einzige theoretisch einwandfreie Weg, die elektromotischen Potentialdifferenzen an der Oberfläche von Leitern zu bestimmen, wäre die Beobachtung der Elektromose oder der Strömungsströme in Kapillarröhren, da hier der Strom entlang der Oberfläche verläuft. Derartige Versuche sind aber (mit Ausnahme § 33, 48) bis heute nicht ausgeführt worden.

<sup>1)</sup> M. ASCOLI, C. R. **137**. 1253. 1903.

<sup>2)</sup> A. GRUMBACH, Journ. d. phys. **2**. 283, 385. 1912; Ann. chim. phys. **24**. 133. 1911.

<sup>3)</sup> C. BARUS u. E. A. SCHNEIDER. Zeitschr. f. phys. Chem. **8**. 278. 1891. — H. PICTON u. S. E. LINDER. Journ. Chem. Soc. **61**. 148. 1892.

<sup>4)</sup> A. COEHN, Ztschr. f. phys. Chem. **4**. 62. 1897. COEHN will den Begriff der kataphoretischen Wanderung sogar auf Rohrzuckerlösungen ausdehnen: Ztschr. f. Elektrochem. **15**. 652. 1909. Siehe sonst noch Beobachtungen von W. SPRING, Bull. d. Belg. **35**. 780. 1898; ebda. 1899. p. 174; LOBRY DE BRUYN, Rec. trav. chim. d. Pays-Bas. **23**. 155. 1904.



Ob dagegen bei Versuchen, wo Diaphragmen aus leitenden Stoffen angewendet werden (QUINCKE, PERRIN) oder wo es sich um Kataphorese suspendierter Metallteilchen handelt (BURTON u. a.) tatsächlich die durch Formeln (23) und (26) dargestellten elektrosmotischen Erscheinungen rein zum Ausdruck kommen, ist von vornherein sehr zweifelhaft.)

(Daß insbesondere die Kataphorese leitender Teilchen in derselben Weise vor sich gehen solle wie jene von Nichtleitern, erscheint vom Standpunkt der Theorie ganz merkwürdig, denn an der Oberfläche eines solchen gut leitenden Körperchens sollten ja die elektrischen Kraftlinien beinahe senkrecht stehen, so daß nur verschwindend kleine Tangentialkomponenten auf Verschiebung der Doppelschichte hinarbeiten würden. Allerdings wäre es wohl möglich, daß die Polarisation den Stromdurchgang an der Grenzfläche Metall-Lösung vollständig verhindert, so daß sich das Teilchen verhält wie ein Nichtleiter; dann wäre es aber sehr wahrscheinlich, daß sich hier infolge Polarisationserscheinungen, Konzentrationsänderungen u. dergl. störende Nebenwirkungen geltend machen.<sup>1)</sup>)

Damit also die aus solchen Versuchen betreffs der Doppelschichte  $\varphi_i - \varphi_a$  gezogenen Folgerungen als sichere Tatsache betrachtet werden können, erscheint es durchaus erforderlich, daß durch vergleichende Versuche mit Kapillarröhren die Berechtigung der kataphoretischen Methode für leitende Substanzen nachgewiesen wird.

320

Es schien uns nötig, auf diesen wichtigen Umstand hinzuweisen, welcher meistens stillschweigend übergangen wird. Mit diesem Vorbehalt wollen wir uns im Folgenden der üblichen Anschauungsweise anschließen.

**§ 57. Qualitative Beobachtungen.** In bezug auf den Sinn der Kataphorese schließen sich die Beobachtungen von PICTON und LINDER jenen von QUINCKE, die an größeren Teilchen angestellt waren, insofern an, als sie z.B. für Schellack, Mastix, Stärke, Anilinblau, Arsentrisulfid, Indigo, Kieselsäure, Schwefel in Wasser anodische Überführung konstatieren, doch finden sich auch einige Substanzen mit kathodischer Kataphorese, nämlich Eisenhydroxyd, Hämoglobin, Hoffmannsviolett, Magdala-Rot, Methylviolett, Rosanilinhydrochlorid. Nach BURTON u. a. werden auch die Hydroxyde anderer Metalle, wie Kupfer, Wismut, Blei, zur Kathode übergeführt, während edle Metalle wie Silber, Gold, Platin zur Anode wandern.

SCHMAUSS zeigte<sup>2)</sup>, daß kolloidales Eisenhydroxyd, je nach der Herstellungsart, in zweierlei Form vorkommt, als grünes, kathodisch wanderndes  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  und als rotgelbes, anodisch wanderndes  $\text{Fe}_2(\text{OH})_6$ .

(Bezüglich weiterer Details des ~~hiesigen~~ sehr angewachsenen, auf Kataphorese verschiedener Stoffe bezüglichen qualitativen Beobachtungsmaterials, sowie des Zusammenhanges dieser Erscheinungen mit der Chemie der Kolloide siehe die Literaturzusammenstellungen in: A. MÜLLER, Allgem. Chemie d. Kolloide, Leipzig 1907; W. OSTWALD, Grundriß d. Kolloidchemie, 2. Aufl. Dresden 1911; H. FREUNDLICH, Kapillarchemie, Leipzig 1909; R. ZSIGMONDY, Kolloidchemie, Leipzig 1912.

**§ 58. Vervollkommnung quantitativer Messungsmethoden.** Quantitative Messungen der kataphoretischen Geschwindigkeit sind zuerst von PICTON u. LINDER<sup>3)</sup> für eine Lösung von Arsentrisulfid angestellt worden. Später haben WHITNEY und BLAKE<sup>4)</sup> die Sache genauer untersucht. Sie verwendeten eine mit der kolloidalen Lösung angefüllte vertikale, beiderseits mit Membranen von Goldschlägerhaut verschlossene Glasröhre (30–50 cm lang, etwa 2,5 cm breit); die Elektroden befanden sich außerhalb der Membranen in Leitfähigkeitswasser; bei Einschaltung

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. die eigentümlichen von C. CHRISTIANSEN beobachteten Bewegungserscheinungen an polarisierten Quecksilbertropfen, Ann. d. Phys. **12**, 1072, 1903.

<sup>2)</sup> A. SCHMAUSS, Phys. Ztschr. **6**, 506, 1905.

<sup>3)</sup> H. PICTON u. S. E. LINDNER, Journ. Chem. Soc. **71**, 568, 1897.

<sup>4)</sup> W. R. WHITNEY u. J. C. BLAKE, Journ. Am. Chem. Soc. **26**, 1339, 1904.

321

einer Akkumulatorenbatterie bewegte sich das Kolloid (Gold) in der Richtung gegen die Anode zu, so daß sich die Bewegung der Grenzfläche zwischen reiner Flüssigkeit (an der Kathode) und der gefärbten Lösung genau verfolgen ließ.

Diese „makroskopische“ Beobachtungsmethode ist jedoch nicht sehr zuverlässig, da die Ergebnisse zeitlichen Veränderungen unterliegen. Teilweise rührt dies davon her, daß die Leitfähigkeit der Lösung erheblich größer ist als jene der darüberliegenden klaren Flüssigkeit; dies bedingt in der letzteren einen steileren Potentialabfall. WHITNEY u. BLAKE erklären damit überhaupt das Bestehen der scharfen Trennungsfläche zwischen beiden Teilen, indem die zurückbleibenden Teilchen infolge desselben mit vermehrter Geschwindigkeit nachgeschoben würden. Das ist allerdings richtig, andererseits bemerken wir, daß ohnehin nach Formel (26) alle Teilchen ohne Rücksicht auf Größe und Gestalt mit gleicher Geschwindigkeit wandern sollten; etwaige Unterschiede müßten sich sonst in der Entstehung von lokalen Ungleichförmigkeiten der Teilchenzahl innerhalb der Lösungssäule zu erkennen geben.

Eine andere Störung der Gleichförmigkeit der Bewegung tritt meistens auf, nachdem die Grenzfläche ein Drittel der Röhrenlänge zurückgelegt hat: indem sie sich von da an merklich langsamer bewegt. Dies dürfte wahrscheinlich auf eine von der Anode ausgehende elektrolytische Konzentrationsänderung zurückzuführen sein. Überhaupt treten in der Nähe der Elektroden oft ganz abnormale Vorgänge auf, zweifellos infolge Konzentrationsänderungen, namentlich durch Wanderung der  $H^-$ ,  $OH^-$ -Ionen.<sup>1)</sup>

Eine bequeme Versuchsanordnung mit Benutzung eines U-Rohres, bei der auch das möglicherweise Fehlerquellen involvierende Zusammendrücken und Ablagern des suspendierten Kolloids vermieden wird, beschreibt BURTON.<sup>2)</sup> Dabei wird der Mittelwert der in den beiden Schenkeln des U-Rohres gemessenen Geschwindigkeiten als richtig angenommen.

Derselbe Autor weist auch auf eine andere Fehlerquelle hin, nämlich den Gehalt an gelöstem Elektrolyt in der kolloidalen Lösung, welcher die kataphoretische Geschwindigkeit beeinflusst. Dies zeigt sich in der Abhängigkeit derselben von der Leitfähigkeit der Lösung. So gibt BURTON für kolloidales Kupfer (wahrscheinlich Kupferhydroxyd) folgende Zahlen:

322

Leitfähigkeit $\cdot 10^6$ . . .	8,2	7,7	6,5	5,8	4,3	3,1
$l' \cdot 10^5$ . . . . .	24,9	23,4	25,4	25,4	30,4	33,0

Eine andere Fehlerquelle wird von RIDSDALE ELLIS<sup>3)</sup> hervorgehoben: die elektromotische Strömung der Flüssigkeit längs der Glaswände und die Rückströmung im Innern verursachen nämlich eine Deformation der anfangs ebenen Grenzfläche zwischen Emulsion und reiner Flüssigkeit, so daß sie sich gegen die Anode hin ausbaucht (bei anodischer Überführung der Teilchen); es ist dann zweifelhaft, auf welchen Punkt man die Wanderungsgeschwindigkeit beziehen soll. Dieser Einfluß ist besonders in engen Röhren bemerkbar (siehe § 20). Bei größeren Stromstärken entstehen auch Strömungen infolge der Erwärmung der Flüssigkeit.

Die meisten vorher erwähnten Fehlerquellen bleiben übrigens ohne Einfluß auf die unmittelbar nach Stromschluß beobachteten Anfangswerte der Geschwindigkeit in genügend weiten Gefäßen und in genügender Entfernung von den Elektroden. Daher dürfte diese makroskopische Meßmethode, welche sich durch leichte Anwendbarkeit auszeichnet und bei ultramikroskopischen Suspensionen allein anwendbar ist, doch nicht ganz zu verwerfen sein, wie R. ELLIS ~~(unrichtig)~~ meint. Aller-

<sup>1)</sup> Siehe z. B. PICTON u. LINDER, WHITNEY u. BLAKE, I. c.; A. MAYER u. E. SALLES, C. R. 146. 826. 1908.

<sup>2)</sup> E. F. BURTON, Phil. Mag. 11. 425. 1906; 12. 472. 1906; 17. 583. 1909; in der Tabelle unten mit (1), (2), (3) bezeichnet.

<sup>3)</sup> RIDSDALE ELLIS, Ztschr. f. phys. Chem. 78. 321. 1911.

dings wird die mikroskopische Methode bei Benutzung der in § 20 dargelegten Berechnungsmethoden gewiß eine größere Genauigkeit ergeben.

§ 59. **Resultate, einheitliche Stoffe.** Die nachfolgende Tabelle enthält eine Anzahl von Bestimmungen der kataphoretischen Geschwindigkeit  $V$  in reinem Wasser und anderen Lösungsmitteln, sowie der Werte  $\varphi_i - \varphi_a$ , die sich daraus unter Annahme der Gültigkeit der Formel (26) ergeben. Das Minuszeichen bedeutet Wanderung zur Kathode.

Flüssigkeit	Substanz	Teilchen- durchmesser	Temp.	$V \cdot 10^5$	$\varphi_i - \varphi_a$	Autor
Wasser	Lykopolium . . .	30 $\mu$		25	0,037	QUINCKE (1861)
	As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> . . . . .	unter 0,1 $\mu$		22	0,032	PICTON u. LINDER (1897)
	Quarz . . . . .	1 $\mu$		30	0,044	WHITNEY u. BLAKE (1904)
	Berlinerblau . . .	unter 0,1 $\mu$		40	0,058	
	Gold . . . . .	"		40	0,058	
	Platin . . . . .	"		30	0,044	
	Eisenhydroxyd . .	"		-30	-0,044	
	Silber . . . . .	"		33	0,048	COTTON u. MOUTON (1906)
	Gold . . . . .	"	18°	21,6	0,032	BURTON (1) (1906)
	Platin . . . . .	"		20,3	0,030	
	Silber . . . . .	"		23,6	0,034	
	Bismuth } (hydroxyd?)	"		-11,0	-0,016	
	Blei } (hydroxyd?)	"		-12,0	-0,018	
	Eisen } (hydroxyd?)	"		-19,0	-0,028	
	Kupfer(hydroxyd?)	"	18°	-33,0	-0,048	BURTON (3) (1909)
	Silber . . . . .	"		22,4	0,032	BURTON (2) (1906)
	Gold . . . . .	"		33,0	0,048	
	Öl . . . . .	?		43,0	0,060	W. C. LEWIS (1909)
	Öle . . . . .	2 $\mu$	25°	48,0	0,063	RIDS DALE ELLIS (1911)
	Anilin . . . . .	"	bis	27,0	0,035	
	Chloroform . . .	"		31,1	0,041	
	Gummigutt . . .	"		10,0	0,013	
	Gummigutt . . .	"		18,1	0,024	
	Mastix . . . . .	"		17,7	0,023	
Methylalkohol	Blei } hydr- unter 0,1 $\mu$			-22	-0,046	
	Wismut } oxyd "			-10,2	-0,021	
Äthylalkohol	Blei } hydroxyd? "			- 4,5	-0,024	BURTON (1) (1906)
	Zinn } hydroxyd? "			3,6	0,019	
	Zink } hydroxyd? "			- 2,8	-0,015	
Äthylmalonat	Platin . . . . .	"		2,3	-0,034	
	Silber . . . . .	"		1,7	+0,040	
	Gold . . . . .	"		1,4	+0,030	

Es ergeben also diese kataphoretischen Messungen tatsächlich Potentialdifferenzen derselben Größenordnung wie die direkten elektrosmotischen Bestimmungen; sonst ist ein quantitativer Vergleich bei der Dürftigkeit des bisherigen Materials noch nicht ausführbar.

§ 60. **Elektrolytzusätze, isoelektrischer Punkt, qualitative Beobachtungen.** Schon LINDER u. PICTON (~~1897~~) haben bemerkt, daß die kataphoretische Geschwindigkeit durch Elektrolytzusätze geändert wird und zwar, daß Säuren eine kathodische, Alkalien eine anodische Überführung begünstigen. HARDY<sup>1)</sup> be-

<sup>1)</sup> W. B. HARDY, Ztschr. f. phys. Chem. **33**. 385. 1900. Vgl. auch W. PAULI, Beitr. z. chem. Physiol. u. Pathol. **7**. 531. 1906.



Wang u. v. d. Berghe

113

324

obachtete dies besonders deutlich an durch Hitze modifiziertem Albumin, welches je nach Säure- oder Alkalizusatz in einem oder anderem Sinne wanderte, und er bemerkt zugleich, daß Lösungen, welche sich im isoelektrischen Punkt befinden, (d. h., daß deren Teilchen keine Kataphorese aufweisen) sich durch besonders leichte Ausfällbarkeit auszeichnen.

BILLITER<sup>1)</sup> untersuchte diese Erscheinungen für eine Reihe von Metallen (Pt, Au, Pd, Ag, Hg, Fe) mittels verschiedener kataphoretischer Versuchsmethoden, wie z. B. Ablenkung von frei aufgehängten, in die Flüssigkeit eintauchenden Drähten, Kataphorese kolloidaler Metallösungen, Erzeugung von kataphoretischen Strömen mittels fallender Metallpulver u. dergl. Der Zweck seiner Arbeit war jedoch nicht die Untersuchung der Abhängigkeit des Potentialsprunges ( $\varphi_i - \varphi_o$ ) der Doppelschicht von der Zusammensetzung der Lösung, sondern die Bestimmung der Potentialdifferenz einer gerade elektrosmotisch neutralen Lösung gegen eine 0,1 KCl-Kalomelektrode. Nach BILLITER beweist nämlich das Nullwerden der elektrosmotischen Wirkung, daß die Potentialdifferenz zwischen Lösung und Metall verschwindet, und dies würde die Bestimmung absoluter Potentiale in der Spannungsreihe der Metalle ermöglichen.)

(Hier sei als Beispiel nur eine Beobachtung angeführt, die sich auf Kataphorese einer kolloidalen Platinlösung bezieht, welcher Formaldehyd in wechselnden Mengen zugesetzt wurde. Solange die Potentiale einer in die Lösung eingetauchten platinisierten Platinelektrode gegen die Kalomelektrode betrugen: 0,16, 0,14 Volt, wanderten die Pt-Teilchen zur Kathode; bei 0,13—0,12 Volt war die Bewegung unmerklich; bei 0,11, 0,10, 0,05 Volt wanderten sie zur Anode.)

(Derselbe Umkehrpunkt 0,12 Volt ergab sich bei Zusätzen anderer Art (wie  $\text{KBrO}_3$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) und übereinstimmende Resultate erhielt BILLITER bei Benutzung der anderen Versuchsmethoden.

WHITNEY u. BLAKE<sup>2)</sup> versuchten vergeblich, BILLITERS Resultate an kolloidalen Gold- und Platinlösungen zu verifizieren, und schoben die Abweichungen der Beobachtungen auf Rechnung eines von demselben behufs Vermeidung von Koagulation angewendeten Gelatinezusatzes. Auch die mittels anderer Methoden ausgeführten Messungen BILLITERS sind von verschiedenen Seiten angegriffen worden (siehe § 69). Diese Polemik richtet sich jedoch nicht gegen die Behauptung, daß die elektrosmotische Doppelschicht durch entsprechenden Elektrolytzusatz zum Verschwinden gebracht werden könne, was heute als sicher gilt, sondern gegen die Annahme, daß diese Erscheinung nur vom elektrischen Potential der Lösung eindeutig abhängt.

§ 61. Quantitative Messungen von Burton. Quantitative Angaben über die eben besprochene Erscheinung hat BURTON geliefert, indem er den Einfluß eines Zusatzes von Aluminiumsulfat auf die kataphoretische Geschwindigkeit von Gold, Platin und Kupfer(hydroxyd?) in der früher erwähnten Weise genau gemessen hat. — Diese Messungen sind aus dem Grunde interessant, da die erstgenannten Metallteilchen negative Ladungen tragen, dagegen Kupferhydroxyd positive; nach den Erfahrungen PERRINS war also zu erwarten, daß bei ersteren das Alkaliradikal, bei letzteren das Säureradikal die Neutralisation der elektrischen Doppelschichtladung bewirken würde, und daß hierbei der Einfluß der Wertigkeit jener Ionen hervortreten müßte. Diese Vermutung wurde durch die Versuchsergebnisse, welche wir nachstehend wiedergeben, vollkommen bestätigt. Es bedeutet hierbei:  $C$  den Gehalt der kolloidalen Lösung an Metall, in Gramm auf 100  $\text{cm}^3$ ,  $c$  die Konzentration der zugesetzten Substanz in Gramm des wirksamen Ions auf 100  $\text{cm}^3$  der

<sup>1)</sup> J. BILLITER, Ann. d. Phys. 11. 902, 937. 1903; 13. 827. 1904; Ztschr. f. phys. Chem. 45. 307. 1903; 48. 513, 542. 1904; 49. 709. 1904; 51. 129, 167. 1905; Ztschr. f. Elektrochem. 8. 638. 1902; 14. 624. 1908; 15. 439. 1909.

<sup>2)</sup> l. c. § 58.

325

Lösung,  $c_m$  die Konzentration derselben in  $\pm$  Gramm- $\left\{\begin{smallmatrix} \text{Kationen} \\ \text{Anionen} \end{smallmatrix}\right\}$  pro Liter Lösung,  
 $V$  die beobachtete kataphoretische Geschwindigkeit (gegen die Anode zu).

Lösung	$C$	Zusatz	$c \cdot 10^5$	$c_m \cdot 10^8$	$V \cdot 10^5$
Kupfer	$8,8 \cdot 10^{-3}$	KCl	0,0	0	- 24,9
			6,0	- 17,0	- 25,7
			17,6	38,0	- 26,2
			26,2	74,0	- 22,8
			54,6	154,0	- 18,7
		$K_2SO_4$	0,0	0,0	- 25,4
			7,2	- 7,7	- 25,3
			17,8	19,2	- 24,0
			35,6	38,4	- 21,8
			89,0	96,0	- 14,4
			142,4	153,0	0,0
		$Al_2(SO_4)_3$	0,0	0,0	- 23,4
			13,4	- 13,8	- 21,5
			26,8	27,6	19,2
			52,0	54,0	- 18,5
		$K_3PO_4$	0,0	0,0	- 25,4
			3,4	- 3,6	- 21,5
			7,0	7,2	16,8
			13,6	14,4	- 3,4
			20,4	21,6	4,8
		$K_6(FeCy_6)_2$	31,2	32,8	7,9
			0,0	0,0	- 30,4
			15,0	- 7,1	- 14,0
			30,0	14,3	- 3,8
			45,0	21,4	- 1,0
			60,0	28,6	1,5
Silber	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$Al_2(SO_4)_3$	90,0	42,8	9,1
			0,0	0,0	- 22,4
			1,4	+ 3,1	7,2
			3,8	14,0	- 5,9
Gold	$6,2 \cdot 10^{-3}$	$Al_2(SO_4)_3$	7,7	28,4	- 13,8
			0,0	0,0	33
			1,9	- 7,0	17,1
			3,8	14,0	- 1,7
			6,3	23,2	- 13,5

Bemerkenswert ist, daß dabei das zweiwertige Anion  $SO_4$  in  $K_2SO_4$  und  $Al_2(SO_4)_3$  gleich stark wirkt, daß also tatsächlich die Natur des Kations in diesem Falle gleichgültig ist, ferner, daß das dreiwertige Kation Al bei negativen Teilchen ungefähr ebenso stark wirksam ist wie die dreiwertigen Anionen  $PO_4$ ,  $FeCy_6$  bei positiven Teilchen. Die zu vollständiger Neutralisation der Doppelschichtladung erforderlichen Ionenkonzentrationen würden diesen Messungen gemäß betragen:

bei einwertigen Ionen (extrapoliert)	$600,10^{-6}$	} Gramm-Ion pro Liter
„ zweiwertigen „	„ $150,10^{-6}$	
„ dreiwertigen „	„ $15,10^{-6}$	

Eine quantitative Vergleichung mit PERRINS Resultaten § 49 ist nicht gut durchführbar, doch ist qualitativ vollkommene Übereinstimmung vorhanden. Andererseits scheint aber in diesen Fällen, entgegen PERRINS Ansicht, die Anwesenheit freier Säure (oder Alkali) nicht erforderlich zu sein, um eine Potentialdifferenz  $\varphi_i - \varphi_a$  zu erzeugen, indem sich die Teilchen in der Regel desto rascher bewegen, je reiner das angewandte Wasser ist.

§ 62. Quantitative Messungen von R. Ellis. Während die bisher besprochenen Messungen sich fast durchweg auf kolloidale Suspensionen von Metallen oder anderen

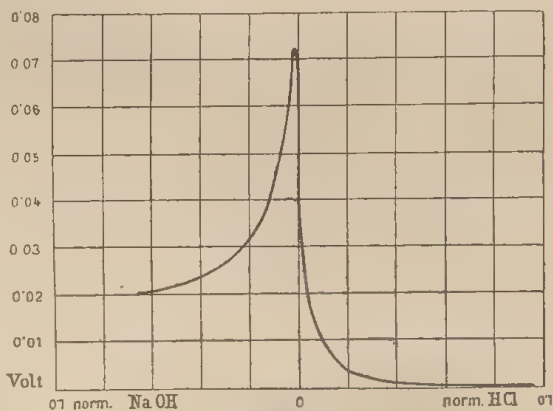
leitenden Substanzen bezogen, hat R. ELLIS in einer schon im § 20 zitierten, sehr bemerkenswerten Arbeit<sup>1)</sup> die Kataphorese der Tröpfchen von Ölemulsionen studiert. Dies dürfte bisher der einzige genauer untersuchte Fall sein, wo die Leitfähigkeit die Anwendbarkeit der Theorie nicht beeinträchtigen kann; andererseits wäre hier vielleicht die in § 32 erwähnte Korrektur infolge Deformierbarkeit der Wand zu berücksichtigen.

Eine Messungsreihe bezog sich auf verschiedene Emulsionen in reinem Wasser und ergab die in § 59 angeführten kataphoretischen Geschwindigkeiten, welche in Übereinstimmung mit COHEN'S Regel sämtlich anodisch gerichtet waren.)

(Sodann wurde ein „besonderes säurefreies“ Öl in Wasser beobachtet, dem kleine Mengen von HCl oder NaOH zugesetzt waren. Aus den gemessenen kataphoretischen Geschwindigkeiten ergaben sich für die Potentialdifferenzen  $\varphi_i - \varphi_a$  an den Grenzflächen Wasser-Öl und Wasser-Glas (welche sich gleichfalls nach dem Verfahren § 20 berechnen läßt) folgende Resultate:

Flüssigkeit	V	$\varphi_i - \varphi_a$ (Wasser-Öl)	$\varphi_i - \varphi_a$ (Wasser-Glas)
0,1 norm. HCl	0,0	0,0	0,0
0,025 „ „	0,18	0,0022	0,0022
0,010 „ „	0,71	0,0088	0,0025
0,005 „ „	1,49	0,0185	0,0125
0,0 „ H <sub>2</sub> O	3,59	0,050	0,064
0,001 „ NaOH	5,78	0,072	0,049
0,002 „ „	5,44	0,068	0,049
0,01 „ „	3,42	0,042	0,029
0,05 „ „	1,75	0,022	0,0155

Die für Wasser-Öl ermittelten Werte, welche in ihrer Abhängigkeit von der Anzahl H- und OH-Ionen durch den Verlauf der Kurve Figur 275 dargestellt werden, entsprechen dem von PERRIN studierten Verhalten des Naphthalins und des Karborundums insofern, als die Potentialdifferenz in schwach alkalischer Lösung größer war, dagegen in saurer Lösung kleiner als in reinem Wasser. Doch gehen sie über die von jenem Beobachter erhaltenen Resultate hinaus, indem sie eine Abnahme des Potentials in größerer Konzentration der alkalischen Lösung dartun, welche PERRIN nicht bemerkte. Dagegen wurden negative Werte von  $\varphi_i - \varphi_a$  selbst in der 0,1 norm. sauren Lösung noch nicht erreicht.



Figur 275.

Die Absolutwerte der Potentialdifferenzen sind wohl aus dem oben bemerkten Grunde einer gewissen Verbesserung bedürftig, doch ist der allgemeine Charakter der Kurve sehr instruktiv. Auch die Kurve für Wasser-Glas hat einen analogen Verlauf, nur tritt in derselben (wohl infolge zufälliger Versuchsfehler oder der in

<sup>1)</sup> RIDSDALE ELLIS, Ztschr. f. phys. Chem. 78. 321. 1911.



§ 20 berührten Unvollkommenheit der Berechnungsmethode) der Umstand nicht genügend hervor, daß das Maximum von  $\varphi_i - \varphi_a$  in eine schwach alkalische Lösung (vielleicht sogar unter 0,001 norm.) fallen dürfte.<sup>1)</sup>

### III. Zusammenhang mit der Stabilität der kolloidalen Lösungen.

329 § 63. Koagulation im isoelektrischen Punkt, direkte Versuche von Hardy, Burton. Eine ganz eigentümliche Erscheinung ist der Zusammenhang zwischen der aus Versuchen über Kataphorese abzuleitenden Doppelschichtladung und der Stabilität der kolloidalen Lösungen. Wie schon erwähnt, hatte HARDY bemerkt<sup>2)</sup>, daß durch Erwärmung modifiziertes Hühnereiweiß in sauren Lösungen, in denen es kathodisch wandert, wie auch in alkalischen, in denen es sich umgekehrt bewegt, stabil ist, und daß die Ausfällung gerade in dem isoelektrischen Punkte erfolgt, wo die Bewegung Null war. Auf die von HARDY gegebene Erklärung kommen wir im weiteren zurück.)

(Aus dem äußerst umfangreichen, seitdem von zahlreichen Beobachtern angesammelten Beobachtungsmaterial scheint wohl zu folgen, daß diese Beziehung keine allgemeine Gültigkeit hat, indem Fälle konstatiert wurden, wo Koagulation nicht im isoelektrischen Punkt eintrat<sup>3)</sup>, aber in einer ausgedehnten Klasse von Fällen, insbesondere solchen, die zu den „Suspensionskolloiden“ gehören, ist ein solcher Zusammenhang sicher nachgewiesen.

Außer den direkten Beobachtungen von HARDY (loc. cit.) und von SVEDBERG<sup>4)</sup> sind hier insbesondere die vorher zitierten, genauen Messungen BURTONS an Metallkolloiden anzuführen, bei denen der Parallelismus zwischen der Schnelligkeit des Fällungsprozesses und der Abnahme der kataphoretischen Geschwindigkeit infolge von Elektrolytzusatz quantitativ verfolgt wurde.<sup>5)</sup>)

(Als Beispiel führen wir die auf Zusatz von  $K_2SO_4$  zu kolloidalem Kupfer bezüglichen Beobachtungen an:

Kataph. Geschw. $V$	25,4	25,3	24,0	21,8	14,4	0,0	$10^{-4}$ cm/sec.
Koagulation erfolgt:	nicht merklich			in 2 Wochen	2 Stunden	1 Stunde	

### § 64. Parallelismus in der Beeinflussung von Stabilität und Elektromose durch Ionenzusatz.)

330 (Außer den direkten Beobachtungen sind in weit ausgedehnterem Maße indirekte Nachweise eines solchen Zusammenhanges erbracht worden, indem die Fähigkeit verschiedener Elektrolyte, Koagulation hervorzubringen, durch dieselben Regeln bestimmt wird wie die Fähigkeit, die elektrische Doppelschichtladung zu neutralisieren (nach PERRIN u. a.).)

(Insbesondere handelt es sich um folgende durch zahlreiche Forscher konstatierte Tatsachen:

1. Die HARDYSche Fällungsregel: „Kolloidale Phasen werden nur von entgegengesetzt geladenen Ionen koaguliert.“)

(So ist z. B. für die Koagulation der „negativen“ Stoffe Arsentrisulfid, Kaolin, Schwefel, Mastix die Gegenwart von H- oder Metallionen maßgebend, während die Gegenwart von OH-Ionen die Stabilität derartiger Kolloide nur noch vergrößert.

<sup>1)</sup> Siehe CAMERON u. ÖTTINGER, l. c. § 53.

<sup>2)</sup> W. B. HARDY, Ztschr. f. phys. Chem. **33**. 385. 1900; Proc. Roy. Soc. **66**. 110. 1900.

<sup>3)</sup> Vgl. z. B. J. BILLITER, Ztschr. f. phys. Chem. **45**. 327. 1904; **51**. 129. 1905. — G. QUINCKE, Ann. d. Phys. **7**. 571. 1902. — W. FLEMMING, Ztschr. f. phys. Chem. **41**. 443. 1902. — J. REISSIG, Ann. d. Phys. **27**. 186. 1908.

<sup>4)</sup> THE. SVEDBERG, Nova Act. R. Soc. Upsal. **2**. 153. 1907.

<sup>5)</sup> Weitere Beweise für den Zusammenhang zwischen Koagulation und Neutralisierung der elektrischen Doppelschicht bringt R. ELLIS, Ztschr. f. phys. Chem. **80**. 597. 1912, durch Versuche an Öl-Emulsionen, in Fortsetzung der im § 62 zitierten Arbeit. [Aber bei der Korrektur]

Nach BREDIG<sup>1)</sup> sind Platinsole in schwach alkalischem Wasser stabiler als in reinem Wasser. Umgekehrt wird z. B. das positive Eisenhydroxyd durch Alkalizusatz koaguliert; wird jedoch zum Koagulum wieder Säure zugesetzt, so wird es wiederum in Lösung gebracht.<sup>2)</sup> Ausdrücklich sei bemerkt, daß hierbei nur freie Ionen in Betracht kommen, daher fallen schwach dissoziierte Elektrolyte erst in viel stärkerer Konzentration als stark dissoziierte. Nichtelektrolyte sind in der Regel einflußlos.<sup>3)</sup>

## 2. Die SCHULZESCHE Wertigkeitsregel.<sup>4)</sup>

„Die Fällungskraft der Ionen steigt außerordentlich mit der Wertigkeit derselben“. Hierbei sind jedoch H und OH ausgenommen, welche eine ausnahmsweise starke Fällungskraft für entgegengesetzt geladene Teilchen besitzen. Nach SCHULZE würde das Verhältnis gleich wirksamer Konzentrationen ein-, zwei-, dreiwertiger Radikale betragen: 350:20:1. Nach PICTON u. LINDER wäre das Verhältnis der Fällungskraft solcher Ionen: 1:35:1023. FREUNDLICH<sup>5)</sup> gibt beispielsweise folgende, an einem Platinsol in gleicher Weise Fällung bewirkende Ionenkonzentrationen an: KCl 2,2; BaCl<sub>2</sub> 0,058;  $\frac{1}{2}$  Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 0,013.

Übrigens sind konstante Verhältniszahlen überhaupt nicht vorhanden, da die Fällungswerte mit der Konzentration der zu fällenden Lösung sich ändern, und es auch schwer ist, eine einheitliche Methode zur Kontrolle des Koagulationsvorganges anzugeben.

Jedenfalls tritt in diesen Regeln ein auffallender Parallelismus mit dem von PERRIN konstatierten Einfluß der Elektrolyte auf die Elektrosmose zutage, und PERRIN schließt sich auch vollkommen der Theorie von HARDY an, wonach die Koagulation an das Verschwinden der Doppelschichtladung gebunden ist.

Die Rolle der letzteren wird auch durch eine charakteristische Beobachtung erwiesen, wonach entgegengesetzt geladene Kolloide und nur solche einander in geeigneten Konzentrationen ausfällen. So werden z. B. die negativen Metallsole durch die positiven Hydroxyde und positiven Farbstoffe (Magdalarot, Bismarckbraun) gefällt.

H. FREUNDLICH und G. v. ELISSAFOFF konstatieren den Parallelismus dieser beiden Erscheinungen übrigens auch in solchen Einzelheiten, welche über diese zwei allgemeinen Regeln hinausgehen (Einfluß organischer Farbstoffe u. dgl.).<sup>6)</sup>

**§ 65. Theorie von Hardy, Berechnung von Smoluchowski.** Ohne in weitere Einzelheiten des heute so kolossal angewachsenen, auf die Fällungserscheinungen der Kolloide bezüglichen Tatsachen-Materials einzugehen, wollen wir nur noch kurz die Theorien besprechen, welche eine Erklärung des eben dargelegten Zusammenhanges bewirken. HARDY (loc. cit.) äußerte den im Prinzip ganz richtigen Gedanken, die elektrische Doppelschicht müsse eine Schutzwirkung ausüben, indem sie dem unter Einfluß der Schwere erfolgenden Niedersinken der Teilchen entgegenwirke. Denn durch DORNS Versuche (§ 23) war ja festgestellt, daß fallende Teilchen einen „kataphoretischen“ Strömungsstrom in der Umgebung erzeugen, und die dabei auftretende JOULESCHE Wärme muß von der potentiellen Energie der Schwere jener Teilchen bestritten werden.

<sup>1)</sup> G. BREDIG, Anorg. Fermente. 1901. p. 26ff.

<sup>2)</sup> A. MAYER, G. SCHAEFFER u. E. TERROINE, C. R. **145**. 918. 1907.

<sup>3)</sup> H. FREUNDLICH, Ztschr. f. phys. Chem. **44**. 136. 1903.

<sup>4)</sup> H. SCHULZE, Journ. f. prakt. Chem. **25**. 431. 1882; **27**. 320. 1883; **32**. 390. 1885. — Siehe auch die theoretischen Spekulationen von W. C. D. WHETHAM, Phil. Mag. **48**. 474. 1899; Ztschr. f. phys. Chem. **32**. 637. 1900 und deren Kritik durch H. FREUNDLICH, Ztschr. f. phys. Chem. **44**. 145. 1903.

<sup>5)</sup> H. FREUNDLICH, Kapillarchemie 1909. p. 355. Vgl. auch z. B. H. W. WOODSTRA, Ztschr. f. phys. Chem. **60**. 607. 1908. — SVEN ODÉN, ebd. **78**. 682. 1911.

<sup>6)</sup> H. FREUNDLICH und G. v. ELISSAFOFF, Ztschr. f. phys. Chem. **79**. 407. 1912; vgl. auch § 54, 71.

Nun hat aber SMOLUCHOWSKI<sup>1)</sup> berechnet, daß der Widerstand einer sich mit konstanter Geschwindigkeit in einer zähen Flüssigkeit bewegendem Kugel (von Radius  $a$ ) durch jene Wirkung im Verhältnis

332

$$1 : \left\{ 1 + \left[ \frac{K(\varphi_i - \varphi_a)}{4\pi} \right]^2 \frac{\sigma}{a^2 \eta} \right\}$$

vermehrt wird. Diese Vergrößerung des normalen Zähigkeitswiderstandes ist somit dem Quadrat des Teilchenradius umgekehrt proportional, würde aber in reinem

Wasser:  $\sigma = 10^6 \left( \frac{\text{Ohm}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{1}{9} \cdot 10^{-5} \text{ (C. S.)}$  unter der Annahme  $\varphi_i - \varphi_a = 0,025 \text{ Volt}$

erst bei einem kleineren Durchmesser als  $10^{-5} \text{ cm}$  den Widerstand auf das Doppelte erhöhen. Bei so kleinen ultramikroskopischen Teilchen genügt aber schon der normale Zähigkeitswiderstand vollständig, um eine scheinbare Stabilität gegenüber der Schwerkraft vorzutäuschen, indem dieselben nach der STOKESschen Formel pro Jahr nur um Strecken von der Größenordnung einiger Zentimeter sinken würden.

Die neueren Untersuchungen über BROWNSche Bewegung<sup>2)</sup> haben diese Frage von einer neuen Seite beobachtet. Denn ihnen zufolge muß eine aus genügend kleinen Teilchen bestehende Suspension, infolge der BROWNSchen Bewegung derselben, an und für sich eine gewisse wahre Stabilität gegenüber der Schwerkraft besitzen, da sie sich im Gleichgewichtszustand wie ein Gas verhalten wird, mit einer von unten nach oben allmählich abnehmenden Dichte, bzw. Teilchenzahl. Es ist da dieselbe Formel gültig wie für die barometrische Höhenmessung, nur daß im Falle einer wässrigen Suspension die Höhe der „stabilen“ Atmosphäre durch die

Größe<sup>3)</sup>  $H = \frac{k}{mg \left( 1 - \frac{1}{q} \right)}$  bestimmt ist, also im umgekehrt proportionalen Verhältnis zur Masse  $m$  der Teilchen steht.)

(Sowohl die scheinbare als auch die wahre Stabilität wird also durch die Kleinheit der Teilchen bedingt. Es handelt sich also um Erklärung des Prozesses der Koagulation kleinerer Teilchen zu größeren Massen, das Niedersinken ist dann nur eine Folgeerscheinung des Zusammenballens.)

333

**§ 66. Kapillarelektische Theorie, elektrosmotische Schutzwirkung.** Die Erklärung des Koagulationsprozesses hat BREDIG<sup>4)</sup> durch eine elektrokapillare Theorie zu geben versucht, ein Gedanke, welchem sich PERRIN, LOTTERMOSER u. a. anschließen. BREDIG beruft sich auf die allgemein angenommene HELMHOLTZsche Theorie des LIPPMANNschen Phänomens, derzufolge die Oberflächenspannung des Quecksilbers gegen die Elektrolytlösung dann einen Maximalwert erreicht, wenn die Potentialdifferenz beider Phasen Null wird. Analog sollte die Kapillarspannung, welche das Zusammenballen der Teilchen in kolloidalen Lösungen hervorzurufen sucht, im isoelektrischen Punkt einen Maximalwert erreichen und so die Koagulation begünstigen<sup>5)</sup>.)

(Diese Theorie hat gewiß manches für sich, wenngleich sie ihre definitive Form noch nicht erlangt hat. Denn es ist klar, daß die Oberflächenspannung beim Vereinigen kleinerer Tröpfchen zu größeren in Aktion kommt, aber weniger einleuchtend ist die Sache, wenn es sich um ein Aneinanderschieben von festen Teilchen, ohne

<sup>1)</sup> M. V. SMOLUCHOWSKI, *Ann. d. Phys.* 1903, p. 182. [Vol. I, p. 303, 81.]

<sup>2)</sup> A. EINSTEIN, *Ann. d. Phys.* 17, 549. 1905; 19, 371. 1906; M. V. SMOLUCHOWSKI, *ibidem* 21, 756. 1906. — J. PERRIN, *Ann. d. chim. phys.* 18, 5. 1909.

<sup>3)</sup> Die Konstante  $k$  hat den ungefähren Wert  $4,3 \cdot 10^{-14}$  (für mittlere Temperatur);  $g$  ist die Schwerkraftbeschleunigung,  $q$  die Dichte der Substanz der Teilchen.

<sup>4)</sup> G. BREDIG, *Anorg. Fermente*. 1901. p. 15.

<sup>5)</sup> R. ELLIS findet keinen Zusammenhang der Koagulation mit der Oberflächenspannung und spricht sich für eine spezifische Schutzwirkung der elektrischen Doppelschicht aus (*loc. cit.* § 63). ~~(siehe bei der Korrektur)~~



Vereinigung zu einer zusammenhängenden Masse, handelt wie das eben bei Koagulation meist stattfindet. Man müßte sich höchstens die Kapillarkräfte (nach BAKKER u. a.) in einer Schichte von endlicher Dichte lokalisiert denken, und dadurch würde auch der Einwand BILLITERS, daß die Kapillarkräfte keine Fernwirkung ausüben können, erledigt werden. Allerdings ist es bei unserer mangelhaften Kenntnis der Natur der Kapillarkräfte zurzeit noch nicht möglich, die Theorie durch Berücksichtigung dieses Umstandes in eine präzise Form zu bringen.

Außerdem ist übrigens auch noch eine gewisse, an HARDYS Theorie erinnernde Schutzwirkung der elektrischen Doppelschichte denkbar. Wenn nämlich zwei Teilchen infolge der BROWNSchen Bewegung einander genähert werden, so wirkt einer weiteren Annäherung ein Zähigkeitswiderstand entgegen, welcher desto größer ist, je dünner die trennende Flüssigkeitsschichte. Infolge Anwesenheit der elektrischen Doppelschichte muß derselbe sehr gesteigert werden, analog, wie bei der oben berechneten Widerstandsvermehrung gegen translatorische Bewegung eines einzelnen Teilchens. Im isoelektrischen Punkte würde dieser Zusatzwiderstand verschwinden.

**§ 67. Elektrostatische Theorie von Billiter, Freundlichs Theorie der Ladungsasymmetrie.** Den im vorigen Paragraphen dargestellten Anschauungen zufolge wäre die Wirkung des Ionenzusatzes eine gewissermaßen indirekte, indem sie auf der dadurch hervorgebrachten Annullierung des Doppelschichtpotentials beruhen würde.)

(Dagegen sucht BILLITER<sup>1)</sup> den Einfluß der Ionen auf die Koagulation durch eine direkte elektrostatistische Anziehung derselben auf die geladenen Teilchen der Suspension zu erklären. Es wurde schon im § 31 die Grundannahme der Theorie BILLITERS erwähnt — daß nämlich die Doppelschicht einen einseitigen Ladungsüberschuß besitze und infolgedessen elektrostatistische Fernwirkung ausübe — und es wurden auch die Schwierigkeiten erwähnt, welche einer solchen Annahme im Wege stehen. Sonst lassen sich übrigens die Ausführungen BILLITERS auch teilweise im Sinne der späteren, genauer präzisierten Adsorptionstheorie FREUNDLICHs (§ 71) interpretieren.

Was den Mechanismus des Koagulationsvorganges anbelangt, weist FREUNDLICH<sup>2)</sup> auf gewisse von RAYLEIGH u. KAISER<sup>3)</sup> beobachtete Erscheinungen hin, in welchen elektrische Potentialdifferenzen für das Zerfallen bzw. Vereinigen von Flüssigkeitströpfchen, Strahlen, Seifenblasen wesentlich bestimmend waren, und erklärt die Koagulation in analoger Weise durch zufällige Ladungsasymmetrien, welche das Durchbrechen der trennenden Flüssigkeitsschichte begünstigen müssen. Die Möglichkeit eines solchen Einflusses ist gewiß nicht in Abrede zu stellen, aber es ist schwer, sich eine Meinung über deren Größe zu bilden, und es dürften doch wohl die in § 66 genannten Faktoren in erster Linie in Betracht zu ziehen sein.

#### D. Theoretische Überlegungen betreffs Natur der elektromotischen Doppelschicht.

**§ 68. Perrins Theorie.** Die im Abschnitt C besprochenen Untersuchungen haben unzweifelhaft dargetan, daß für die Ausbildung des Doppelschichtpotentials die Gegenwart elektrolytischer Ionen, und zwar besonders der H-, OH-Ionen, von ausschlaggebender Bedeutung ist. Ohne einen gewissen Gehalt an solchen Ionen an der Grenzfläche zweier Stoffe überhaupt keine Doppelschicht zustandekommt, wie PERRIN meint, das wird allerdings schwer zu entscheiden sein, denn bekanntlich

<sup>1)</sup> J. BILLITER, l. c. § 61.

<sup>2)</sup> H. FREUNDLICH, Kapillarchemie. 1909. p. 261., 347.

<sup>3)</sup> LORD RAYLEIGH, Proc. Roy. Soc. **28**. 406. 1879; **34**. 130. 1882. — E. KAISER, Wied. Ann. **58**. 667. 1894.

gelingt es nur sehr schwer, Dielektrika soweit von spurenweise vorhandenen Elektrolyten zu reinigen, daß deren Eigenleitfähigkeit zum Ausdruck kommt; und diese rührt dann von der Anwesenheit nichtelektrolytischer Ionen her, von der Art wie sie bei der Elektrizitätsleitung in Gasen zum Vorschein kommen.<sup>1)</sup>

Es sind mancherlei Versuche gemacht worden, die Wirkung des Ionengehaltes auf die Doppelschichtladung theoretisch zu erklären.

(So erwähnten wir schon PERRINS Theorie<sup>2)</sup>, welche dieselbe im Anschluß an gewisse Gedanken LANGEVINS auf die Kleinheit der H-, OH-Ionen zurückführt. Solche kleine Ionen können mit ihren Schwerpunkten offenbar der festen Wand näher kommen als große Ionen, und darauf solle das Überwiegen derselben in der äußersten Schichte beruhen. Man könnte diese Theorie als eine rein „mechanische“ bezeichnen.)

(Überdies schlägt jedoch PERRIN (loc. cit.) noch eine etwas abweichende Fassung, allerdings in recht unbestimmter Weise vor, welche die große elektrolytische Wanderungsgeschwindigkeit der H-, OH-Ionen für jene Phänomene verantwortlich macht. Es ist in diesem Zusammenhang meist von einer „Diffusionstheorie“ die Rede, ohne daß dieselbe jedoch irgendwo klar auseinandergesetzt wäre, und man meint damit ungefähr jene Theorie, welche KNOBLAUCH zur Erklärung gewisser, beim Kontakt fester Körper beobachteter Elektrisierungseffekte angewendet hat (siehe § 74). Dieselbe erinnert auch an den Mechanismus der Entstehung elektrostatischer Ladungen in Gasen, welche beim Durchströmen von Glas- oder Metallröhren einer ionisierenden Strahlung ausgesetzt sind.)

Gegen beide Erklärungsarten ist vor allem einzuwenden, daß der Parallelismus mit der Wanderungsgeschwindigkeit durchaus nicht allgemein stimmt; so kommt der Unterschied zwischen H-, OH-Ionen (Wanderungsgeschwindigkeiten 318:174) nicht zum Vorschein, auch erwähnt PERRIN selbst, daß eine Lösung von LiBr (Wanderungsgeschwindigkeiten 33:67) sich unerwarteterweise gar nicht elektrosmotisch wirksam erwies. Dagegen ist nicht recht ersichtlich, wie sich gemäß dieser Theorie die enormen individuellen Unterschiede verschiedener Ionenarten (§ 54) erklären sollten.)

(Der mechanischen Theorie gemäß könnte die Dicke der Doppelschichte nur die Größenordnung der Atomradien besitzen, was aus anderen Gründen (§ 25) nicht sehr wahrscheinlich ist.)

(Sie ist aber wenigstens klar verständlich, was man von der Diffusionstheorie — in ihrer Anwendung auf die elektrosmotischen Doppelschichten — nicht sagen kann. Im Falle eines stationären Geschwindigkeitszustandes können doch die Unterschiede der Diffusions- bzw. elektrolytischen Wanderungsgeschwindigkeit keine Potentialdifferenz hervorrufen, da in jeder Richtung gleich viel Ionen jeder Art hin- und zurückwandern müssen. Der Vergleich mit der in Gasen beobachteten Ionenadsorption und Ionendiffusion ist nicht zutreffend, denn in letzteren handelt es sich um keine Gleichgewichtszustände. Es wird dort im Innern des Gases durch eine äußere Energiequelle eine bestimmte Anzahl von Ionen neu erzeugt, und diejenigen, welche an die Wand stoßen, bleiben an derselben ein für allemal haften, /n

**§ 69. Osmotische Theorie, Billiters absoluter Nullpunkt des Potentials.** Wenden wir uns nun zur „osmotischen“ Theorie. Die bekannte Theorie NERNSTs hat das Wesen der Potentialsprünge zwischen Metall und Elektrolyt sowie zwischen verschiedenen Elektrolyten klar gelegt, und in Weiterbildung derselben hat eine bemerkenswerte Arbeit von HABER u. KLEMENSIEWICZ<sup>3)</sup> uns in die elektromotorischen Kräfte Einsicht gewährt, welche allgemein an den Grenzen verschiedener elektrolytischer Phasen bestehen.

<sup>1)</sup> Vgl. G. JAFFÉ, Ann. d. Phys. **28**. 326. 1909. Siehe auch § 72.

<sup>2)</sup> J. PERRIN, Journ. Chim. Phys. **2**. 635. 1904.

<sup>3)</sup> F. HABER u. Z. KLEMENSIEWICZ, Ztschr. f. phys. Chem. **67**. 385. 1909.

Es war naheliegend, die durch NERNSTS osmotische Theorie definierten elektromotorischen Kräfte mit dem Potentialsprung der Doppelschicht zu identifizieren und die theoretischen Werte mit den Ergebnissen elektrosmotischer Versuche zu vergleichen.

Von diesem Standpunkte aus läßt sich der den Arbeiten BILLITERS<sup>1)</sup> zugrunde liegende Gedanke verstehen, obzwar BILLITERS Auffassungsweise der kataphoretischen Erscheinungen in einigen schon erwähnten Punkten (vgl. § 31) von der hier vertretenen abweicht. BILLITER stellt sich die Aufgabe, mittelst elektrosmotischer Methoden Lösungen aufzusuchen, welche mit dem sie berührenden Metall isoelektrisch sind, um so den absoluten Nullpunkt des Potentials in der Spannungsreihe der Metalle zu bestimmen. Aus seinen Versuchen, bei denen er sich sieben verschiedener Methoden bediente, schloß er, daß nicht der aus HELMHOLTZS Theorie der kapillarelektischen Erscheinungen abgeleitete Nullpunkt der richtige sei, demzufolge die Kalomeldezinormal-Elektrode ein Potential von  $-0,57$  Volt hätte, sondern daß derselbe um  $0,7$  Volt höher liege, so daß das Potential der Kalomel-Elektrode  $+0,13$  betragen würde.

BILLITERS Arbeiten haben zu einer langen Polemik Anlaß gegeben, es sind sowohl seine Versuche selbst, wie auch die aus denselben gezogenen Folgerungen von verschiedenen Seiten<sup>2)</sup> scharf angegriffen worden, wogegen BILLITER auf seinem Standpunkt beharrte, ohne daß bis heute die Sache vollständig klargelegt wäre. Insbesondere scheint die Allgemeingültigkeit des BILLITERSchen Nullpunktes durch MÄKELTS Beobachtungen in Frage gestellt, denen zufolge für die elektrosmotischen Erscheinungen von Silber-Salzlösungen an Silber nicht das hauptsächlich vom Gehalt an Silberionen abhängige Potential der Lösung maßgebend ist, sondern (im Einklang mit PERRIN) geringe Zusätze von H und OH-Ionen von ausschlaggebender Bedeutung sind.

**§ 70. Unterschied des elektrosmotischen und des Nernstschen Potentialsprunges.** Auf jeden Fall muß man wohl FREUNDLICH darin Recht geben,<sup>3)</sup> daß es von vornherein gar nicht nötig ist, den NERNSTSchen Potentialsprung mit der in den elektrosmotischen Erscheinungen wirksamen Doppelschicht zu identifizieren. Es wurde schon im § 31 bemerkt, daß in den elektrosmotischen Erscheinungen als  $(\varphi_i - \varphi_a)$  nur derjenige Teil der gesamten Potentialdifferenz wirksam ist, welcher auf die Distanz zwischen der ruhenden, der Wand anhaftenden Flüssigkeitsschicht und dem Innern der Flüssigkeit entfällt.)

(Darauf weist insbesondere auch die Größe der „elektrosmotischen“ Potentialsprünge hin, welche einige Hundertstel Volt betragen, im Gegensatz zu den die Größenordnung ganzer oder Zehntel Volt betragenden NERNSTSchen Potentialsprüngen.)

Diese Überlegungen sind auch geeignet, die Resultate zu erklären, welche CAMERON und ÖTTINGER in ihrer § 53 erwähnten Arbeit erhalten haben. Es ist dies ein interessanter Versuch einer quantitativen Vergleichung der zwei Potentialsprünge, oder eigentlich: einer durch Zusatz von Säuren oder Basen hervorgerufenen Änderung derselben, welcher auch den anderen Arbeiten gegenüber den Vorteil besitzt, daß er tatsächlich mit einer nichtleitenden Wand, nämlich Glas, angestellt ist, und hierbei die Berechtigung der HELMHOLTZschen Formeln außer Zweifel steht. Da sich nämlich, den Versuchen von HABER und KLEMENSIEWICZ gemäß, Glas verhält wie eine Wasserstoff- (resp. OH-) Elektrode konstanter Konzentration, findet man aus den bekannten NERNSTSchen Formeln leicht, daß die osmotische

<sup>1)</sup> J. BILLITER, l. c. § 60.

<sup>2)</sup> W. R. WHITNEY u. E. C. BLAKE, Journ. Am. Chem. Soc. **26**, 1339. 1904. — H. M. GOODWIN u. R. B. SOSMAN, Phys. Rev. **21**, 129. 1905. — W. PALMAER, Ztschr. phys. Chemie **59**, 166. 1907. — H. FREUNDLICH u. E. MÄKELT, Ztschr. f. Elektrochem. **15**, 161. 1909. — E. MÄKELT, Dissert. Leipzig 1909.

<sup>3)</sup> H. FREUNDLICH, Kapillarchemie 1909. p. 244. — H. FREUNDLICH u. E. MÄKELT, l. c.

337

338



Potentialdifferenz Glas—Lösung um 0,43 Volt abnimmt, wenn man von einer  $\frac{1}{2000}$  normalen Alkalilösung zu einer  $\frac{1}{2000}$  normalen Säurelösung übergeht. Die Strömungsstrom-Messungen gaben jedoch tatsächlich nur eine Abnahme von ca. 0,015 Volt. Das ist nicht verwunderlich, wenn bei letzteren nur ein Teil der gesamten Potentialdifferenz aktiv ist. Im Gegensatz hierzu würde bei den kapillarelektischen Versuchen, wo es sich um Dehnungen der Grenzschichten zweier angrenzender Flüssigkeiten handelt, die gesamte Potentialdifferenz zwischen denselben in Aktion treten.<sup>1)</sup>

Noch krasser tritt die Unvereinbarkeit der NERNST-HABERSchen osmotischen Theorie mit der Elektromose in den im § 62 erwähnten Messungen von R. ELLIS zutage, welche sich auf das Verhalten von Glas gegen saure und alkalische Lösungen von größerer Konzentration beziehen. Die Abnahme der Potentialdifferenz mit Zunahme der Konzentration sowie die Kleinheit der erhaltenen Zahlen beweisen, daß hier eine ganz andere Potentialdifferenz ins Spiel kommt als der NERNSTSche Potentialsprung.)

(Dasselbe gilt von den Messungen von RIÉTY und ELISSAFOFF (§ 53, 54).

**§ 71. Freundlichs Adsorptionstheorie.** Die Frage, woher die bei den elektromotischen Erscheinungen wirksame Potentialdifferenz stamme, hat FREUNDLICH dahin beantwortet,<sup>2)</sup> daß sie auf Adsorptionserscheinungen der Ionen in der Oberfläche oder den Wänden benachbarten Schichten der Flüssigkeit beruhe. Sobald Ungleichheiten in den Adsorptionskoeffizienten der verschiedenen Ionen existieren, müssen die dadurch verursachten Ungleichförmigkeiten der Verteilung derselben das Auftreten derartiger Potentialdifferenzen veranlassen.)

(Demnach hätte man sich vorzustellen, daß der NERNSTSche und der Adsorptions-Potentialsprung zwei voneinander fast unabhängige, übereinander superponierte Erscheinungen sind. Ersterer wäre unmittelbar an der Grenzfläche der beiden Medien lokalisiert, und die entgegengesetzt geladenen Schichten würden so fest aneinander haften, daß eine Verschiebung nicht in Betracht kommt; letzterer würde sich in eine Schichte von größerer Dicke erstrecken, deren einzelne Teile gemäß den hydrodynamischen Gleichungen zäher Flüssigkeiten gegeneinander verschiebbar sind.)

(Dieser Adsorptionstheorie gemäß erklärt sich also die bevorzugte Rolle der H, OH-Ionen dadurch, daß dieselben im Gegensatz zu den Salzen stark adsorbiert werden. Ist z. B. die einen indifferenten festen Stoff berührende Lösung schwach sauer, so werden sich die H-Ionen in der benetzenden Flüssigkeitsschicht anreichern: die Wand wird positiv gegen die Flüssigkeit erscheinen. In alkalischer Lösung tritt das Umgekehrte ein.

Tatsächlich weisen auch andere Erscheinungen auf die größere Adsorbierbarkeit dieser Ionen hin, auch erklärt sich leicht der von PERRIN konstatierte Einfluß zugesetzter Anionen und Kationen, ebenso wie die Gestalt der Konzentrationsfunktion. Geringe Zusätze bringen nämlich die größte Änderung im Potentialwert hervor, wenn der Neutralpunkt eben überschritten wird; ebenso charakterisiert die Adsorption das Merkmal, daß die Verdichtung an der Oberfläche (im Verhältnis zur Konzentration im Innern) am größten ist für die verdünntesten Lösungen. Auch das bei Kolloiden wahrgenommene Mitreißen der fällenden Ionen<sup>3)</sup> spricht sehr für diese Theorie.

<sup>1)</sup> Auch bei festen Körpern kann es bei elastischen Deformationen zu einer Dehnung der Oberfläche kommen; ist der Körper von einem Elektrolyten umgeben, so ruft dies eigentümliche elektrische Wirkungen hervor. Vgl. KROUCHKOLL, Ann. chim. phys. **17**. 129. 1889; E. GUILLAUME, C. R. **147**. 53. 1908; J. PERRIN, ebd. p. 55.

<sup>2)</sup> H. FREUNDLICH u. E. MÄKELT, Ztschr. f. Elektrochem. **15**. 161, 1909. — H. FREUNDLICH, Kapillarchemie 1909. p. 244 ff.

<sup>3)</sup> Und zwar werden verschiedene Ionen in annähernd äquivalenten Mengen mitgerissen: H. PICTON u. S. E. LINDER, Journ. Chem. Soc. **67**. 63. 1895. — W. R. WHITNEY u. E. J. OBER, Ztschr. phys. Chem. **39**. 630. 1902. — H. FREUNDLICH, Koll. Ztschr. **1**. 321. 1907.

Allerdings findet es FREUNDLICH<sup>1)</sup> später für nötig, die obige Theorie einigermaßen zu modifizieren. Auf Grund der von ELISSAFOFF ausgeführten Versuche (§ 54) bemerkt er, daß weder PERRINS Theorie zu halten ist, welche alles auf die Beweglichkeit der H- und OH-Ionen zurückführt, noch HABERS osmotische Theorie, noch FREUNDLICHs Adsorptionstheorie in ihrer ursprünglichen Gestalt. Wäre nämlich die oben gegebene Erklärung der Doppelschicht durch verschiedene Adsorption der Ionen richtig, so müßten die stark adsorbierbaren Anionen organischer Säuren eine negative Aufladung der Wand begünstigen (wie die Alkalien), was sich nicht bestätigt. Die Verfasser schließen, daß die elektrischen Eigenschaften der Wand eine eigene, von der Art des Materials abhängende Ursache haben, und daß die Adsorption nur mittelbar, durch Änderung der Konzentration des (ganzen) Salzes an der Wand, ins Spiel tritt.

Die Adsorptionstheorie hat gewiß viel Wahrscheinlichkeit für sich, denn es ist ja von vornherein klar, daß die gerade in den Grenzschichten sich abspielenden Adsorptionsvorgänge für die elektromotischen Erscheinungen von maßgebender Bedeutung sein müssen, wenngleich sie noch keine endgültige Erklärung bildet, da eben der Mechanismus der Adsorption selber noch nicht genügend klargelegt ist.

Die Erkenntnis des Zusammenhanges dieser beiden Gruppen von Erscheinungen ist jedenfalls von großem Werte, wenn auch die Aufgabe noch zu lösen bleibt, eine klare theoretische Begründung des empirischen, auf die Adsorption bezüglichen Materials zu geben. Die eigentliche Ursache der elektrischen Doppelschicht würde allerdings durch die „modifizierte“ Adsorptionstheorie nicht erklärt werden, und wir müssen gestehen, daß wir heute von einem wahren Verständnis des Mechanismus dieser Erscheinungen noch weit entfernt sind.<sup>2)</sup>

341

## E. Rückblick auf die Doppelschicht-Theorie.

§ 72. Mängel der Theorie Helmholtz, Ionentheorie. Nach dem im letzten Abschnitt Gesagten erscheint es wohl sicher, daß eine vollständige Theorie der elektromotischen Erscheinungen, welche dem Einfluß der physikalischen und chemischen Faktoren Rechnung tragen würde, sich erst auf Grund eingehender Kenntnis der Adsorptionserscheinungen entwickeln lassen wird; dabei werden die Rechnungen eine grundsätzliche Abänderung im Sinne der Ionentheorie erfordern. Die kontinuierlich verlaufende Doppelschicht bildet ja nur einen makroskopischen Begriff, der sich bei mikroskopischer Betrachtung in eine Anhäufung diskreter Ionen auflösen muß.)

(Die HELMHOLTZsche Theorie ist also nur als eine provisorische, die formalen Gesetze allerdings vortrefflich erklärende Theorie anzusehen, sie bedarf der weiteren Ausbildung durch Berücksichtigung des Mechanismus der elektrischen Erscheinungen, d. i. der elektrolytischen Wanderung und der Verteilungsgesetze der Ionen.)<sup>3)</sup> →  
← Hierdurch wird einerseits die in die HELMHOLTZsche Theorie als rein empirische Größe eingehende Potentialdifferenz der Doppelschicht in ihrer Abhängigkeit von den maßgebenden chemischen Faktoren dargestellt werden, andererseits werden die

<sup>1)</sup> H. FREUNDLICH und G. v. ELISSAFOFF, Ztschr. f. phys. Chem. **79**, 407. 1912.

<sup>2)</sup> Ionen, welche sich in der Nähe der Grenzfläche zweier Dielektrika befinden, müssen gewissen elektrostatischen Anziehungskräften ausgesetzt sein, die vom Verhältnis der Dielektrizitätskonstanten abhängen. Vielleicht könnte dies einen Anknüpfungspunkt an die COEHNsche Regel geben. Siehe auch W. NERNST, Zeitschr. f. phys. Chem. **13**, 532. 1894. Auch sei auf eine interessante theoretische Arbeit von L. GOUV, Bull. Soc. Franc. Phys. 1910. p. 148, über Ionenverteilung in der Nähe einer statisch geladenen Oberfläche eines Elektrolyten hingewiesen. Einen anderen Weg zu einer formalen Theorie kann NERNSTs Hypothese von der Existenz eines spezifischen Teilungskoeffizienten der Ionen bilden: W. NERNST, Ztschr. f. phys. Chem. **9**, 139. 1892. Siehe auch die im § 55 erwähnten theoretischen Spekulationen GRUMBACHS (Journ. d. Phys. **2**, 283, 385. 1912).

<sup>3)</sup> Siehe auch den Nachtrag zu § 37.

342 theoretischen Formeln in einem wesentlichen Punkte ergänzt werden. HELMHOLTZ'S Berechnungsweise setzt nämlich eine überall konstante Ohmsche Leitfähigkeit des flüssigen Mediums voraus. Sie ist also wohl auf Wasser und elektrolytische Lösungen anwendbar, aber nur in Fällen, wo keine merklichen Konzentrationsunterschiede auftreten, dagegen ist ihre Anwendung auf isolierende Dielektrika, wie Benzol, Hexan usw., in welchen Erscheinungen des Sättigungsstromes auftreten, nur in sehr beschränktem Maße gestattet. Im Falle von Kapillarröhren bleibt sie noch teilweise gültig, aber bei ungleichförmiger Stromverteilung, wie z. B. bei Kataphorese, müssen die Abweichungen vom Ohmschen Gesetz die Erscheinungen ganz bedeutend modifizieren.

Unter anderen hat WARBURG<sup>1)</sup> darauf hingewiesen, daß schlechtleitende dielektrische Flüssigkeiten infolge von Ungleichförmigkeiten der Leitfähigkeit mechanischen Volumkräften ausgesetzt sind, welche die Entstehung von Strömungen veranlassen können.

Grundsätzliche Verschiedenheiten des Mechanismus der Elektrizitätsleitung bedingen auch den tiefgreifenden Unterschied \*zwischen elektromotischen Erscheinungen in (elektrolytischen) Flüssigkeiten und gewissen in Gasen sich abspielenden Vorgängen, welche auf den ersten Blick eine gewisse oberflächliche Ähnlichkeit aufweisen, wie z. B. die Entfernung von Rauch, Nebelteilchen aus Luft mittels eines elektrischen Feldes, die Elektrisierung von ionisierter Luft beim Durchströmen von Röhren u. dergl.

## F. Zusammenhang mit der Reibungselektrizität fester Körper.

§ 73. Ähnlichkeiten und Unterschiede des Mechanismus der Stromerzeugung. Es hat schon HELMHOLTZ<sup>2)</sup> in seiner für die Elektromose grundlegenden Abhandlung „Über elektrische Grenzsichten“ den Gedanken ausgesprochen, daß die Elektrizitätserregung durch Reibung fester Körper nahe verwandt ist mit der Erzeugung der Strömungsströme. Dieser Gedanke hat allgemeine Zustimmung gefunden, da so erstere, noch immer so dunkle Erscheinung auf ein klar erkanntes, quantitativ verfolgbares Phänomen zurückgeführt würde, und seitdem bezeichnen manche Autoren die elektromotischen Erscheinungen geradezu als „reibungselektrische“.)

(Der Mechanismus beider Arten von Erscheinungen weist jedoch ganz charakteristische Unterschiede auf, welche bei dieser Gelegenheit hervorgehoben seien:

343 I. Bei den Strömungsströmen bleiben Flüssigkeit und feste Körper in dauerndem Kontakt; es entstehen Potentialdifferenzen zwischen den verschiedenen Teilen der Flüssigkeit. Für die Reibungselektrisierung fester Körper ist es wesentlich, daß die aneinander geriebenen Körper, oder wenigstens die betreffenden Teile der Oberflächen derselben wieder voneinander entfernt werden; dabei werden auf den beiden getrennten Körpern entgegengesetzte Ladungen frei. Die Strömungsströme hängen wesentlich zusammen mit Verschiebung der oberflächlichen Flüssigkeitsschichten in tangentialer Richtung; die geweckte elektromotorische Kraft ist proportional der Strömungsgeschwindigkeit. Bei der Reibungselektrisierung scheint die mechanische Reibung eine untergeordnete Rolle zu spielen und es scheint der Kontakt der Körper das Maßgebende zu sein; die erhaltenen Potentialdifferenzen sind nach PECLET von der Reibungsgeschwindigkeit unabhängig.

Daß es auf den Kontakt ankommt, zeigt sich insbesondere deutlich bei Versuchen, bei denen feste Körper in Flüssigkeiten eingetaucht werden und nach dem Herausziehen, falls sie nicht benetzt werden, elektrische Ladungen tragen. An

<sup>1)</sup> E. WARBURG, Wied. Ann. 54. 398. 1895.

<sup>2)</sup> H. V. HELMHOLTZ, l. c. § 10.



Quecksilber sind solche Erscheinungen schon seit langem bekannt (vgl. z. B. WIEDEMANN, Elektrizität I, p. 907); ähnliche Beobachtungen quantitativer Art hat neuerdings CHRISTIANSEN mit Benutzung verschiedener Flüssigkeiten resp. wässriger Lösungen angestellt.<sup>1)</sup> Er verfuhr dabei in der Weise, daß er die Flüssigkeit in ein (eventuell mit Wachs, Harz, Paraffin u. dergl. ausgekleidetes) Glasrohr einsaugte und dann wieder austrieb. Die dabei entstehende Ladung gab sich am Ausschlag eines Elektrometers zu erkennen, welches mit einem die Glasröhre umhüllenden Stanniolstreifen verbunden war.

2. Bei der Reibung fester Körper kommen drei Medien in Betracht, und es ist wahrscheinlich, daß das bei dem Vorgange anwesende Gas auch eine gewisse Rolle spielt. Direkte Beweise sind wohl kaum vorhanden, aber der von LENARD, J. J. THOMSON u. a. konstatierte Einfluß der Gasatmosphäre auf die einigermaßen verwandten Erscheinungen der Wasserfallelektrizität (siehe Bd. I Abschnitt IIIc) läßt auch hier eine analoge Wirkung erwarten. Dies bedingt naturgemäß eine bedeutende Komplikation.

Der Mechanismus beider Arten von Phänomenen ist also grundsätzlich verschieden, wenn auch eine gemeinsame Grundlage im Bestehen der elektrischen Doppelschichten an den Grenzflächen der Dielektrika gegeben ist.

§ 74. Analogien in der Abhängigkeit von der chemischen Natur der Stoffe. Die Verwandtschaft der Reibungselektrisierung mit den elektrosmotischen Erscheinungen gibt sich auch in der Abhängigkeit derselben von der Natur der in Betracht kommenden Stoffe zu erkennen.

Von der COEHNSchen Regel und den vom Urheber derselben als Stütze herangezogenen Spannungsreihen fester Dielektrika war schon im § 45 die Rede. — HESSEHUS<sup>2)</sup> nimmt diese Regel als richtig an und bringt sie in Verbindung mit Beobachtungen von GEORGIEWSKI, denen zufolge sich beim Kontakt chemisch gleichartiger Körper der dichtere (somit größere Dielektrizitätskonstante besitzende) positiv laden würde; die Spannungsreihe der festen Dielektrika würde übrigens nach HESSEHUS' Ansicht mit der Reihe der Härtegrade übereinstimmen. Er sucht diese Regeln auch durch eine auf die Elektronentheorie gestützte Erklärungsweise zu stützen, welche jedoch viel Hypothetisches enthält.

An PERRINS elektrosmotische Untersuchungen erinnern die Resultate einer Arbeit von KNOBLAUCH,<sup>3)</sup> die den großen Einfluß saurer oder alkalischer Reaktion der in Berührung kommenden festen Körper dargetan haben. Dieser Verfasser streute verschiedene Substanzen (75 Stoffe) in Pulverform auf feste Platten (Platin, Glas, Schwefel, Paraffin) und untersuchte die nach Abklopfen des Pulvers auf der Platte verbleibende Ladung. Demgemäß laden sich alkalisch reagierende Stoffe (wie Glas) mit Vorliebe positiv, sauer reagierende Stoffe (wie Schwefel) negativ, neutrale Stoffe (Platin, Paraffin) werden positiv durch Kontakt mit organischen Säuren, negativ durch basische Farbstoffe, welche letztere überhaupt hervorragend befähigt sind, negative Ladungen zu erzeugen.

KNOBLAUCH erinnert behufs Erklärung dieser Erscheinungen an die von vielen Beobachtern nachgewiesene Existenz einer Wasserhaut auf der Oberfläche der festen Körper und versucht den Mechanismus der Elektrisierung auf die Verschiedenheit der Diffusion der H und OH-Ionen zurückzuführen, welche bei Berührung zweier Körper (resp. ihrer Wasserhäute) ins Spiel tritt.

Dagegen beruft sich FREUNDLICH<sup>4)</sup> auf die Analogie mit Adsorptionsvorgängen und mit PERRINS Resultaten. Nach PERRIN würde z. B. eine saure Lösung negativ

<sup>1)</sup> C. CHRISTIANSEN, Overs. Dansk. Vid. Selsk. Forh. 1909. p. 581; 1911 p. 238; Ann. d. Phys. **40**, 107 233. 1913.

<sup>2)</sup> N. HESSEHUS, Journ. russ. phys. Ges. **33**, 1, 48, 77. 1901; **34**, 1, 15, 25. 1902; **35**, 478, 482, 575. 1903; **37**, 29. 1905; **42**, 367. 1910.

<sup>3)</sup> O. KNOBLAUCH, Ztschr. f. phys. Chem. **39**, 225. 1902.

<sup>4)</sup> H. FREUNDLICH, Kapillarchemie 1909. p. 264.

werden gegenüber einer neutralen Wand; ebenso wird hier ein mit saurer Wasseroberfläche bedeckter Körper negativ gegen einen neutralen Körper; letzterer wird positiv durch Kontakt mit Säuren.

Interessante Parallelvergleiche mit PERRINS, RIÉTY, ELISSAFOFFS und RIDSDALE ELLIS' Versuchen über den Einfluß von Säure- oder Alkali-Zusatz auf die Größe der Doppelschicht-Potentiale geben auch CHRISTIANSENS oben erwähnte Versuche über Elektrisierung von Isolatoren durch Berührung mit Flüssigkeiten. Dieselben zeigten, daß Paraffin, Wachs, Ceresin, Pech, Harz, Schellack, Sperma, Kampfer nach Berührung mit reinem Wasser (ebenso auch mit Quecksilber) negative Ladung besitzen; ferner, daß die Ladung bei Säurezusatz abnimmt,<sup>1)</sup> in ca. 0,001 norm. Lösungen von HCl, HNO<sub>3</sub> verschwindet, für größere Konzentrationen positiv wird, bei ca. 0,01 Normalität ein positives Maximum erreicht und dann bei noch stärkerer Konzentration wieder abnimmt. Verschiedene Säuren (HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>COOH) erweisen sich dabei ganz gleichwertig, wenn sie in Konzentration von gleicher Leitfähigkeit angewandt wurden. Salze verminderten ebenfalls die negative Ladung, aber viel schwächer als Säuren; Lösungen von Zucker oder Glycerin verhielten sich nur wenig verschieden von reinem Wasser. Basen lassen sich nicht in analoger Weise untersuchen, da sie die Körper benetzen. Aus alledem scheint hervorzugehen, daß es sich um Wirkungen der H-Ionen handelt, welche sich hier in ganz ähnlicher Weise äußern wie in den elektromotischen Erscheinungen.

CHRISTIANSENS führte auch eine Versuchsreihe aus<sup>2)</sup>, in welcher Wasser (mit verschiedenen Zusätzen), durch einen Luftstrom zerstäubt, in ein Rohr aus Glas, Elfenbein, Platin gespritzt wurde; dabei wurde die Elektrizitätsentwicklung an der Innenfläche jenes Rohres, wo die Tröpfchen sich sammeln, gemessen und es stellten sich von den früheren etwas abweichende Resultate heraus. Doch ist es nicht leicht, diese Versuche zu deuten, da hierin wohl sicher infolge des Zerspritzens der Tröpfchen außer der Doppelschicht Flüssigkeit—Wand auch die Doppelschicht Flüssigkeit—Luft eine Rolle spielt. Diese Versuche gehören somit überhaupt in das Kapitel der kapillarelektrischen Erscheinungen und reihen sich hier unmittelbar den Versuchen über Wasserfallelektrizität u. dergl. an. ~~Siehe die oben angeführte Band I, III.~~

Das gemeinsame Band aller dieser verschiedenartigen Erscheinungen [Elektromotose, Kontakt- und Reibungselektrisierung, kapillarelektrische Phänomene] ist jedenfalls das Bestehen der Doppelschichten an den Grenzflächen sich berührender Medien, sowie die Bedeutung der Adsorptionsvorgänge für dieselben. Unter ihnen allen zeichnen sich doch noch die elektromotischen Erscheinungen durch den am wenigsten komplizierten und am ehesten theoretisch zugänglichen Mechanismus aus, und es ist wohl von hier aus Aufklärung für die anderen Gebiete zu erhoffen. Wie aus unserer Übersicht hervorgeht, fehlt es aber noch sehr an systematischem, genau definiertem Versuchsmaterial.

<sup>1)</sup> In einigen Fällen wurde bei ca.  $10^{-5}$  Normalität ein negatives Maximum konstatiert.

<sup>2)</sup> C. CHRISTIANSENS, Overs. Dansk. Vid. Selsk. Forh. 1911. p. 209.

**KOHLRAUSCH, FRIEDRICH**, Gesammelte Abhandlungen. Herausgegeben von Wilhelm Hallwachs, Adolf Heydweiller, Karl Strecker, Otto Wiener. I. Band (Elektrizität, Wärme, Optik, absolute Messungen und Verschiedenes). XXXVI, 1108 Seiten mit einem Bildnis des Verf., 1 Tafel und 117 Figuren im Text. 1910. M. 25.—, geb. M. 27.—.

II. Band (Elektrolyte, Elektrolytische Leitung, Leitvermögen und Polarisation, Physik der Lösungen). LXXII, 1305 Seiten. Mit einem Lebensbild des Verfassers von A. Heydweiller, 5 Tafeln und 84 Figuren im Text. 1911. M. 30.—, geb. M. 32.—.

Kohlrausch's Abhandlungen, in denen sein Lebenswerk niedergelegt ist, wurden hiermit in einheitlicher Darstellung herausgegeben, sie stellen ein gerechtes und kennzeichnendes Denkmal für sein reiches Wirken dar.

Die Abhandlungen sind nicht nur für Physiker, sondern auch für Physiko-Chemiker, Elektrotechniker usw. von hervorragendem Interesse.

**LOMMEL, Dr. E. von**, Lehrbuch der Experimentalphysik. 20. bis 22. neubearbeitete Auflage, herausgegeben von Prof. Dr. Walter König in Gießen. X, 652 Seiten mit 439 Figuren im Text und einer Spektraltafel. 1913. M. 6.60; geb. M. 7.50.

Fast in jedem Jahre wird eine starke Auflage verkauft und es ist dies der beste Beweis dafür, daß das Buch für das Examen und das Selbststudium ein praktischer Führer ist. Von vielen Gelehrten wird es als das beste Lehrbuch der Physik bezeichnet, das es gegenwärtig gibt.

Die neue Auflage ist auf den modernsten Standpunkt der Wissenschaft gebracht.

**MACH, E.**, Populär-wissenschaftliche Vorlesungen. 4., vermehrte u. verbesserte Aufl. XII, 508 S. mit 73 Abbildungen. 1910. M. 6.80; geb. M. 7.50.

Naturwissenschaftliche Wochenschrift: Die geistreichen Vorträge des trefflichen Gelehrten gehören zu dem Gedenken, was die Literatur in diesem Genre besitzt. Sie stehen auf derselben Stufe, wie etwa Helmholtz' Vorträge.

**BRAGG, W. H.**, Durchgang der  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - und Röntgenstrahlen durch Materie. Deutsch von Dr. Max Uklé. IV, 239 Seiten mit 70 Abbildungen. 1913. M. 6.80, geb. M. 7.80.

Die Erröndung des Verhaltens der radioaktiven Strahlen und der Röntgenstrahlen bei ihrem Durchgang durch die Materie nach dem Verlassen der Strahlungsquelle hat wichtige Aufschlüsse über den inneren und innersten Bau der Materie geliefert. Eine zusammenfassende Übersicht über das bisher Erreichte war ein dringendes Bedürfnis, und diese Lücke auszufüllen war kaum jemand berufener, als der Professor der Physik an der Universität Cambridge, Herr W. H. Bragg. Der Verfasser hat hier eine klare und übersichtliche, bei aller Kürze umfassende Zusammenstellung der eigenen Forschungsergebnisse, sowie der Ergebnisse fremder Arbeiten geboten; auch die deutsche Übersetzung hat er durchgesehen.

**OSTWALD, W.**, Die Energie. 2. Aufl. 167 Seiten. 1912. Geb. M. 4.40.

Münchner Neueste Nachrichten: Erst kürzlich ist an dieser Stelle auf ein ähnliches Werk Ostwalds hingewiesen, in welchem er das Werden einer Wissenschaft schildert. In diesem neuesten Buch nun schildert er in gleich hervorragender Weise das Werden der Energie und des Lebens, das Walten der Energie in allen Lebens- und Umformungserscheinungen; und das mit einer Meisterschaft, in einer Sprache, die bewundernswert ist. Es ist eine Lust, ein solches Buch zu lesen.

**PLANCK, MAX**, Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung. 2. Aufl. VIII, 206 Seiten mit 7 Abbildungen. 1913. M. 7.—, geb. M. 7.80.

Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure: Das vorliegende Werk über Theorie der Wärmestrahlung dürften wir rückhaltlos als eine Leistung allerersten Ranges begrüßen. Das ist vielleicht das Bewunderungswerteste an dem Buche, zu sehen, mit wie geringen Mitteln der Verfasser es verstanden hat, den Leser auf die Höhe der Forschung zu bringen.

Physikalische Zeitschrift: Planck war zweifellos der berufene Mann, um ein Lehrbuch über die Theorie der Wärmestrahlung zu schreiben, da er an der Entwicklung derselben einen hervorragenden Anteil genommen hat.

**WEINSTEIN, B.**, Die Physik der bewegten Materie und die Relativitätstheorie. XII, 424 Seiten. 1913. M. 16.—, geb. M. 18.—.

Der Verfasser hat die Physik der bewegten Materie und die Relativitätslehre, die zu ihr gehört, so sorgfältig als nur möglich behandeln wollen. Mitteilung der Tatsachen und Theorien ist der eine Zweck seines Buches, eingehende Kritik der Versuchsergebnisse und der Grundlagen ist der andere. Auf Klarheit der Kenntnisse und Erkenntnisse geht das Buch aus. Die modernen und modernsten Lehren sind behandelt, aber auch diejenigen Lehren, die mancher schon als „abgetan“ erachtet, obwohl sie früher das Fundament dieser Wissenschaft gebildet haben.

Wenn die Relativitätstheorie auch im Mittelpunkt der Darstellung steht, so konnte der Zweck einer kritischen Darstellung doch nur durch Einbeziehung der ganzen Physik der bewegten Materie erreicht werden. Hierdurch dürfte dem Buch ein dauernder und weiterer Wert verliehen worden sein.

**CLIFFORD, WILLIAM KINGDON**, Der Sinn der exakten Wissenschaft in gemeinverständlicher Form dargestellt. Deutsche Übersetzung nach der 4. Auflage des englischen Originals von Dr. Hans Kleinpeter. IX, 281 Seiten mit 100 Abbildungen im Text. 1913. M. 6.—, geb. M. 6.75.

Der Verfasser war Mathematiker und Erkenntnistheoretiker in einer Person. Er trennt streng zwischen den Begriffen Zahl, Raum, Größe, Lage. Sein Verfahren hat der Form wie dem Inhalt nach bestehende Vorzüge und die Ergebnisse seiner Methode sind auch für den Unterricht in den Schulen von hoher Bedeutung, für Philosophen, Naturwissenschaftler, Lehrer usw. Auch der Fachmann wird seine Ausführungen mit hohem Genuß lesen.

**SCHLOEMILCH's Handbuch der Mathematik**. 2. Aufl. Herausgegeben von Prof. Dr. R. Henke und Dr. R. Heger. 3 Bände. Mit vielen Abbildungen im Text und auf Tafeln. 1904. M. 60.—; geb. M. 67.50.

I. Band. Elementarmathematik. XII, 611 S. mit 321 Fig. 1904. II. Band. Höhere Mathematik. I. Teil. VIII, 765 S. mit 281 Fig. und 12 Tafeln. 1904. III. Band. Höhere Mathematik. II. Teil. VIII, 622 S. mit 94 Fig. und 20 Tafeln. 1904.

Zeitschr. f. physikal. Chemie: Man findet die Darstellung überall ungemein schlicht bei aller sachlichen Strenge, und so wird der Jünger, der sich diesen seit der halbvergessenen Schulzeit vom Geruch außerordentlicher Schwierigkeiten erfüllten Hallen, der Not gehorchend, nicht dem eignen Trieb, zu nähern wagt, sich freundlich berührt fühlen von der Unmittelbarkeit, mit der er geführt wird.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß das bewährte Werk sich auch den neu heranwachsenden Geschlechtern als ein zuverlässiger und verhältnismäßig bequemer Führer bewähren und lieb machen wird.



**G**RAF, E., Technische Berechnungen für die Praxis des Maschinen- und Bautechnikers. Ein Handbuch über gelöste Beispiele aus der gesamten Mechanik der Maschinen-, Holz- und Bautechnik, einschließlich Eisenbeton- und Brückenbau. Schmal-8°, VIII, 374 Seiten. 1909. Geb. M. 6.80.

Annalen der Elektrotechnik: Die vorgeführten Beispiele sind durchweg äußerst glücklich gewählt und klar und deutlich an Hand guter Skizzen durchgerechnet. Wir glauben, daß das Buch, welches in praktischem Format vorzüglich ausgestattet ist, sich sehr schnell einen dauernden Platz bei allen Technikern sichern wird.

**S**ODDY, FREDERICK, Die Chemie der Radio-Elemente. Deutsch von Dr. Max Iklé. I. Teil: 176 Seiten mit 1 Tafel. 1912. M. 4.—, geb. M. 4.80.

II. Teil: Die Radio-Elemente und das Periodische Gesetz. 85 Seiten mit Abbildungen. 1914. M. 2.—, geb. M. 2.80.

Die sehr zahlreichen, mehr oder minder ausführlichen Werke über die Radioaktivität stimmen ausnahmslos darin überein, daß sie nahezu ausschließlich die physikalische Seite des Gebietes behandeln. Sie führen uns die physikalischen Wirkungen und Erscheinungen sowie die physikalischen Methoden zum Nachweise der radioaktiven Substanzen vor Augen. Eine ganz abweichende Stellung nimmt das vorliegende Buch von Soddy ein. Zum ersten Male ist hier, und zwar von allerberufenster Seite, der Versuch unternommen worden, die nicht minder interessante chemische Seite des Gebietes zu beleuchten. So lernen wir denn, wie sich die verschiedenen radioaktiven Elemente in chemischer Hinsicht voneinander unterscheiden, und wie sie voneinander und von inaktiven Elementen getrennt werden können. Für das radioaktive Laboratorium bildet dieses Buch, das auch noch den Vorzug der Kürze besitzt, ein wertvolles Nachschlagewerk.

**W**EGENER, ALFRED, Thermodynamik der Atmosphäre. VIII, 331 S. mit 143 Abbildungen im Text und auf 17 Tafeln. 1911. M. 11.—, geb. M. 12.—.

Das Gesamtgebiet der atmosphärischen Physik läßt sich in dieselben Abschnitte einteilen, welche auch sonst in der Physik Verwendung finden, nämlich in Thermodynamik, Mechanik, Strahlungslehre, Elektrizität, Optik (Akustik). Eine einheitliche Bearbeitung aller dieser Gebiete ist bei der Thermodynamik am meisten zum Bedürfnis geworden, denn die Aerologie bedarf heute mehr als andere Zweige der Meteorologie einer Durchdringung mit theoretischen physikalischen Ideen. Das Buch ist mit zum Teil sehr subtilen Wolkenbildern und in anderer Weise reich illustriert.

**B**OYS, C. V., Seifenblasen, ihre Entstehung und ihre Farben. Vorlesungen über Kapillarität. Autorisierte deutsche Ausgabe von Prof. Dr. G. Meyer, Freiburg i. B. Zweite, vermehrte Auflage. VIII, 152 Seiten mit 79 Abbildungen im Text, 1 lithographischen und 1 farbigen Tafel. 1913. M. 5.—, geb. M. 6.—.

Das Buch enthält unter Vermeidung mathematischer Entwicklungen eine auf Experimente gegründete Darstellung der Kapillaritätslehre. Die Versuche sind so ausgewählt, daß ihre Ausführung nur wenig Hilfsmittel beansprucht und auch dem weniger Geübten keine ernstlichen Schwierigkeiten bereiten kann.

Die neue englische Ausgabe ist fast auf den doppelten Umfang der ersten Auflage gebracht worden. Das Buch dürfte sich daher in Physikerkreisen auch dort einführen lassen, wo die erste Auflage schon vorhanden ist.

**S**CHUSTER, ARTHUR, F. R. S., Die Ergebnisse der Physik während 33 Jahren (1875–1908). Vier Vorlesungen gehalten an der Universität Calcutta im März 1908. Autorisierte deutsche Ausgabe von Guido Sziessy. VIII, 156 Seiten mit 12 Figuren im Text. 1913. M. 3.20, geb. M. 4.—.

Diese Vorlesungen enthalten einen Überblick über die wichtigsten Ergebnisse, welche die Physik in den letzten 33 Jahren gemacht hat, bekanntlich eine Epoche, in welcher die physikalischen Anschauungen die tiefgehendsten Umwandlungen erfahren haben und zu deren Darstellung der Verfasser um so berufener war, als er sie als Forscher selbst mit erlebt hat. Bei der Ausarbeitung der Vorträge hat er Ergänzungen hinzugefügt, durch die dem augenblicklichen Stand der Physik Rechnung getragen wird, so daß die kleine Schrift tatsächlich einen Abriss der neuesten Geschichte der Physik und eine Skizze der gegenwärtigen Theorien und Anschauungen darstellt.

**W**OLF, MAX, Stereokopbilder vom Sternhimmel. I. Serie. 4. Aufl. 12 Bilder mit Text in Mappe. 1913. M. 5.—.

Naturwissenschaftliche Rundschau: Die Wiedergabe aller dieser Bilder ist vorzüglich. Somit dürfte ein jeder, der sich diese Sammlung wissenschaftlicher Stereokopbilder beschafft, daran viel Freude und einen hohen Genuß empfinden; er wird auch ihrem Autor Dank dafür wissen, daß derselbe trotz seiner sehr beschränkten Zeit so viel Mühe auf die Zusammenstellung dieser vorzüglichen Bilder verwendet hat.

Beiblätter zu den Annalen der Physik: Diese ausgezeichnete kleine Sammlung von Stereokopbildern himmlischer Objekte gibt eine vortreffliche Vorstellung von der Möglichkeit der Anwendung der Stereoskopie in der Astronomie.

**W**EINHOLD, ADOLF F., Physikalische Demonstrationen. Anleitung zum Experimentieren im Unterricht an Gymnasien, Realgymnasien, Realschulen und Gewerbeschulen. 5., verbesserte und vermehrte Auflage. XII, 1097 S. mit 702 Abbildungen im Text und 7 Tafeln. 1913. M. 33.—, geb. M. 36.—.

Zeitschrift für Mathem. und Physik: . . . Die Beschreibung der Apparate und die Anordnung der Versuche ist so klar, so eingehend, so faßlich und wird durch eine so große Anzahl trefflich ausgeführter Figuren unterstützt, daß selbst derjenige, der sich noch wenig oder gar nicht mit der Anstellung von Unterrichtsexperimenten beschäftigt hat, sich nach dem W.schen Buche zurechtfinden und etwas Ordentliches leisten kann. — Auf die praktischen Ratschläge, die W. in seinem Buche gibt, kann sich jeder Experimentator ganz verlassen; da ist jede Einzelheit oft und gewissenhaft durchprobiert, jeder Teil der Versuchsanordnung ist wohlüberdacht. Von dem W.schen Buche darf somit eine wesentliche Verbesserung des physikalischen Unterrichts aus vielen Gründen erwartet werden. . . .

**M**CKREADY, KELVIN, Sternbuch für Anfänger. Eine Anleitung zur Auffindung der Sterne und zum astronomischen Gebrauch des Opernglases, des Feldstechers und des Teleskops. Übersetzt von Dr. Max Iklé. VIII, 154 Seiten mit 77 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. 1913. Geb. M. 12.—.

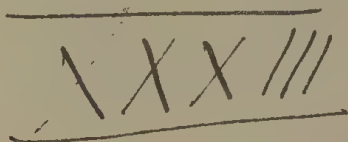
Das Buch beabsichtigt, denen zu helfen, die ohne instrumentelle Ausrüstung sich an den Erscheinungen des Himmels erfreuen möchten, ohne mit Formeln usw. beladen zu werden. Es soll den Leser ohne besonderen wissenschaftlichen Unterricht in den Stand setzen, die Objekte des Himmels aufzufinden und zu betrachten. Das Buch soll also gewissermaßen ein Baedeker für den Himmel sein. Besonders hervorzuheben sind die ganz vorzüglichen Abbildungen, die fast durchweg nach den neuesten und besten Aufnahmen der großen amerikanischen Sternwarten hergestellt worden sind.

Das Buch ist mit großer Begeisterung für die Schönheit des Universums geschrieben, und wird den besonderen Zwecken, die der Verfasser im Auge gehabt hat, in vorzüglicher Weise gerecht.

M. SMOLUCHOWSKI.

---

ZARYS  
NAJNOWSZYCH POSTĘPÓW FIZYKI.



---

ODBITKA Z „MUZEUM“.

---

LWÓW.

Z I. ZWIĄZKOWEJ DRUKARNI WE LWOWIE UL. LINDEGO L. 4.

1907.





304  
M. SMOLUCHOWSKI.

---

# ZARYS NAJNOWSZYCH POSTĘPÓW FIZYKI.

---

ODBITKA Z „MUZEUM”.

---

LWÓW.

Z I. ZWIĄZKOWEJ DRUKARNI W ŁWOWIE UL. LINDEGO L. 4.

1907.



## I.

W całej historii nauk mało znajdziemy przykładów tak nagłej i doraźnej ewolucji jak tej, która obecnie we fizyce się odbywa. Niejeden wychowany w poglądach fizyki z przed kilkunastu lat może nawet odnieść wrażenie, że nastąpiła nie ewolucja lecz zupełna, radykalna rewolucja w naszym światopoglądzie fizykalnym.

Z jednej strony runął dogmat, uważany za święty przez dotychczasową chemię, o niezmienności pierwiastków chemicznych, i spełniło się marzenie dawnych alchemistów: przemiana jednego pierwiastka chemicznego w inny. W skutek tego sama nazwa „pierwiastek chemiczny“ straciła znaczenie pierwotne i podobnie jak słowo „atom“, została złożona do składu owych licznych wyrażań przeżytych, którymi się jeszcze posługujemy, ażeby nie potrzeba wymyślać nowej terminologii, ale z którymi nie łączymy już pojęcia pierwotnego, odpowiadającego etymologicznemu znaczeniu słowa.

Z drugiej strony runęło naczelne prawo mechaniki Newtonowskiej, prawo niezmienności masy, do którego umysł ludzki już tak się przyzwyczył, że nie brakło nawet usiłowań, ze strony niektórych płytko rozumujących filozofów, aby je pod nazwą prawa niezmienności „materji“ przedstawić jako prawdę przez się a priori zrozumiałą. Co więcej, pojęcie masy mechanicznej i z nim się łączące, ~~an~~ czyli raczej z nim pogmatwane, ~~an~~ metafizyczne pojęcie materji, owego namacalnego „substratu zjawisk fizycznych“, który niektórzy filozofowie uważali za to jedyne co rzeczywiście istnieje, w dziwnem oświeceniu się przedstawia ze stanowiska fizyki obecnej: ulatnia się to pojęcie jakoby mara, widziadło, a odnosimy wrażenie, że właściwą podstawą zjawisk natury ~~to~~ jest elektryczność, i że ~~to~~ tylko siły elektryczne nas zwodziły, łudząc nas, że istnieje jakiś świat materjalny, kierowany niezłomnymi prawami mechaniki.



Na pytanie, co spowodowało takie fundamentalne zmiany w naszym światopoglądzie, odpowiedzieć można dwoma słowami: teoria elektronów. Dzięki rozwojowi tej teorii i badań doświadczalnych z nią połączonych, elektryczność wysunęła się na najczelne miejsce we fizyce i od niej należy rozpocząć, chcąc rozumieć kierunek postępów obecnych.

Nazwa tej teorii pochodzi z charakterystycznego dla niej poglądu, że elektryczność nie jest fluidem ciągłym, lecz składa się z drobnych, niepodzielnych cząstek, atomów elektrycznych, czyli elektronów. Ale to stanowi tylko jedno, najłatwiej w słowa dające się ująć z jej założeń; również zasadnicze znaczenie mają jej założenia co do działania sił elektromagnetycznych, o których trudno dać choć przybliżone pojęcie bez użycia wzorów matematycznych. Pod tym względem zaś można tę teorię uważać za wydoskonalenie, w kierunku atomistycznym, teorii elektryczności Maxwella. W celu lepszego jej zrozumienia zaczniemy zatem przedewszystkiem od historycznego poglądu na rozwój teorii Maxwella.

Początkowo zjawiska elektrostatyki, galwanizmu, elektromagnetyzmu, elektrodynamiki i indukcji tworzyły odrębne dziedziny, podlegające różnym prawom, doświadczalnie poznanym, ale między sobą nie powiązanym. Później niemieccy badacze Weber, Gauss, Riemann, Neumann i Clausius starali się złączyć je w całość jednolitą, tłumacząc owe zjawiska jako objawy sił pewnego rodzaju, wywieranych na odległość przez elektryczność w ruchu będącą. Z takich hipotez co do działania sił elektromagnetycznych zwłaszcza Webera „Grundgesetz“ nabyło rozgłosu.

W przeciwstawieniu do owych dążeń Maxwell zdołał ująć całokształt ~~owych~~ <sup>elektromagnetycznych</sup> zjawisk w jednolity system, porzucając pojęcie „actionis in distans“ i tłumacząc wszystko ~~przez~~ przenoszeniem sił <sup>przez</sup> ~~z pomocą~~ eteru z punktu na punkt ~~przez eter~~, lub jak w języku matematyki się wyrażamy: ujmując prawa owych zjawisk w równania różniczkowe.

Ażeby objaśnić znaczenie dwóch równań różniczkowych, stanowiących jądro teorii Maxwella, mianowicie:

$$K \frac{\partial X}{\partial t} + \lambda X = \frac{\partial N}{\partial y} - \frac{\partial M}{\partial z}$$

$$\mu \frac{\partial L}{\partial t} = \frac{\partial Y}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial y}$$

(w których  $X, Y, Z$ , są składowe siły elektrycznej,  $L, M, N$ , składowe siły magnetycznej,  $\lambda$  spółczynnik przewodnictwa,  $K, \mu$  stała

wynikło znanie  
prawo działania  
elementarnych  
sił elektrycznych  
Webera.



elektromagnetyczne muszą się rozchodzić <sup>w przestrzeni</sup> na odległość z prędkością ściśle określoną, równą prędkości światła, w próżni 300.000 km <sup>na sekundę</sup> <sup>na sekundę</sup>, podobnie jak wstrząśnienia w ciałach sprężystych <sup>na sekundę</sup> <sup>na sekundę</sup> (się rozchodzą z prędkością głosu <sup>4/5</sup> z tem wiąże się rezultat, że ~~przy~~ odpowiednich warunkach powstać muszą drgania i fale elektromagnetyczne, t. j. periodycznie zmienne stany napięcia elektrycznego, zupełnie analogiczne do zjawisk akustycznych, z tą jednak różnicą, że nie są to fale podłużne lecz poprzeczne.

Jak wiadomo przewidywania ~~te~~ Maxwella sprawdzone zostały przez Hertza w jego sławnych doświadczeniach nad falami elektrycznymi, co dla nauki tę miało konsekwencję, że ustąpić musiały dawne teorie „actionis in distans” ~~te~~ i przyjęta <sup>została</sup> ~~teoria~~ Maxwella, jako jedyna, która te zjawiska tłumaczy; ~~z teoreją w tem okazywał się~~ Maxwellowi <sup>re także</sup> ~~rację~~ <sup>można</sup> przyznano, że zjawiska optyczne w najwłaściwszy sposób tłumaczyć przez przyjęcie, że światło polega właśnie na ~~tych~~ falowaniach elektrycznych (patrz rozdz. II.).

Nawet elektrotechnika obecna nie tylko przesiąkła na wskroś pojęciami Faradaya<sup>2</sup> i Maxwella, uprzystępniającymi tak znakomicie zrozumienie zjawisk elektromagnetycznych (jak linie siły elektrycznej, linie indukcji magnetycznej, analogia przewodników galwanicznych i magnetycznych i t. p.), ale właśnie środki do wytwarzania owych fal elektrycznych<sup>4</sup>) i dostrzegania ich tak dalece w ostatnich latach wydoskonaliła, zwłaszcza przez wynalezienie t. zw. konewerów, że zjawiska te jako „telegrafia bez drutu“ coraz poważniejszego handlowo-ekonomicznego znaczenia (nabywają), a nawet już pewną historyczną rolę odegrały podczas ostatniej wojny japońsko-rosyjskiej.

Na tym polu drgań elektrycznych <sup>5</sup> wykazały się ~~Maxwell~~ <sup>Maxwell</sup> pło-  
dność poglądu <sup>3</sup> Maxwella, a ~~związane~~ <sup>z zjawiskami</sup> w wykryciu związków  
między światem elektryczności i optyki; ale ~~Maxwell~~ <sup>Maxwell</sup> ~~nie~~ <sup>zadaje</sup> ~~nie~~ <sup>stopywa</sup>  
właśnie zjawiska ~~to~~ <sup>oprycznie</sup> dowiodły, że teoria ~~ta~~ <sup>Maxwella</sup> nie jest jeszcze  
wykończoną, że forma, którą jej nadał Maxwell, stanowi tylko  
pewne prowizorium. O ile chodzi o drgania Hertza (i wogóle

wprawdzie wynik dodatni, ale ~~z powodu~~ z powodu swej małości nie dość przekonywujący. Właściwym dowodem jest sprawdzenie pośrednie, na podstawie drgań Hertza. *Posrednio tej hipotezy są drgania elektromagnetyczne Hertza*

<sup>1)</sup> Popularny wykład o tych zjawiskach, z ogólnym wstępem o nowoczesnej teorii elektryczności daje Geitler w książce: Elektromagnetische Schwingungen und Wellen, Vieweg (1905), 121 str. 5 Mk. 20<sup>1/2</sup> podobnie Richarz: Neuere



o stany eteru), zdaje się ona być bez zarzutu, ale jeżeli chcemy nią objąć także drgania 10.000 razy szybsze, które odpowiadają zjawiskom optyki, dochodzimy do wniosku, że owe trzy współczynniki, które w równaniach <sup>Maxwella</sup> przytoczonych charakteryzują różne materiały <sup>(a mianowicie)</sup> stała dielektryczna, magnetyczna, i przewodnictwo właściwe, nie mogą wystarczyć do oddania tych nadzwyczajnie skomplikowanych właściwości optycznych, <sup>które</sup> jak <sup>że</sup> różne ośrodki materialne okazują (dyspersja, tysiące linii w widmach pewnych pierwiastków). A równocześnie ukazuje się tu droga do dalszego postępu, gdyż te właściwości niewątpliwie zależą od struktury atomistycznej ciał i od budowy atomów samych. A że ~~atomowe~~ atomy chemiczne muszą posiadać wewnętrzną budowę złożoną, to <sup>wynikała</sup> ~~wyglądało się~~ <sup>zawartej</sup> ~~konkluzją~~ konieczności <sup>wynikająca z skomplikowanej</sup> struktury widma przez nie wydawanego, jak i z wielkiej komplikacji praw absorpcji i dyspersji optycznej.

Tą drogą argumentacji Lorentz już w swych pracach z r. 1878 doszedł do wniosku, że teorię elektryczności należy wykształcić w kierunku atomistycznym, przez uwzględnienie wewnętrznej budowy materii, i w tym kierunku coraz śmielej postępował w swych późniejszych pracach, obejmując coraz szerszy zakres zjawisk optycznych i elektrycznych.

Złączyły się z tym tokiem myśli pewne zapatrywania, które zrodziły się na zupełnie innem połu, z rozważań nad pewnemi zjawiskami wówczas nieco oderwanemi od głównego działu zjawisk elektromagnetycznych.

Zarodek teorii o atomistycznym składzie elektryczności tkwi już w Faradaya prawach o elektrolizie, ale dopiero Helmholtz (1880) tę konsekwencję zauważył i wyraźnie wypowiedział. Sam ten fakt, że każdy atom jakiegobądź pierwiastka jednowartościowego, czy to wodoru, czy chloru, sodu, potasu i t. d. taką samą ilość elektryczności transportuje, a każdy atom pierwiastka wielowartościowego pewną jej wielokrotność, ~~nasuwa~~ <sup>nasuwa</sup> jako wytłumaczenie najprostsze tę myśl, że elektryczność nie jest fluidem.

Fortschritte auf d. Gebiete d. Elektrizität, 2 Aufl. Teubner (1902), 128 str. ~~Maxwell~~. Gruntowniejszem i obfitszem w szczegóły techniczne jest dziełko: Fleming, Elektrische Wellentelegraphie, Teubner (1906), 185 str. ~~Maxwell~~. Rozmaite nowsze wynalazki elektrotechniczne omawia Ruhmer w: Neuere electrophysikalische Erscheinungen, Berlin (1902), 171 str. ~~Maxwell~~.

ciągle, lecz składa się z cząstek elementarnych o takim właśnie ładunku.

Wielkość tego ładunku elementarnego (~~Elementarquantum~~ ~~in Elektrizität~~) łatwo nawet obliczyć z ilości elektryczności potrzebnej do wydzielenia 1 cm<sup>3</sup> wodoru ( $2 \cdot 60 \cdot 10^{10}$  jednostek elektrostatycznych) i z liczby drobin wodoru zawartych w 1 cm<sup>3</sup>. Według teorii kinetycznej gazów liczba ta wynosi  $4 \cdot 10^{10}$  (Jeans), z czego wynika ów <sup>wielkość</sup> nabój elementarny:  $3 \cdot 3 \cdot 10^{-10}$  jedn. elektrost. Jak małą jest ta ~~rozszerzenie~~ ocenimy, zważając, że iskra, którą wyciągamy z okładki elektroforu skromnych rozmiarów, reprezentować może nabój rzędu kilkuset jednostek elektrostatycznych.

Wówczas jednak na te spekulacje mało zwracano uwagi, uważano je za fantastyczne, zwłaszcza, że Ostwald na czele t. zw. szkoły energetyków, rozpoczął walkę przeciwko atomistycznym poglądom na istotę materii, i nie zauważono nawet pojawienia się fundamentalnych prac Lorentza (1892, 1895) w których teoria elektronów, a zwłaszcza zastosowanie jej do optyki systematycznie zostały rozwinięte. Dopiero trzy <sup>dowody</sup> ~~wskazywały~~ odkrycia: promieni Röntgena (1895), promieni Becquerela (1896) i zjawiska Zeemanna (1896) (patrz rozdz. II.) <sup>przebudziły</sup> ~~przebudziły~~ uczonych z ich konserwatywnego kwijetyzmu. Zapoznano się z teorią Lorentza, dla której <sup>Zeemanna odkrycie stanowiło</sup> ~~Zeemanna odkrycie stanowiło~~ <sup>swietlane</sup> ~~swietlane~~ <sup>testa</sup> ~~testa~~ sprawdzenie, a równocześnie zajęto się badaniami J. J. Thomsona nad promieniami katodowymi, będącymi pogłębieniem poglądów, które już 1879 Crookes w swych poszukiwaniach nad „czwartym stanem skupienia“ <sup>wypowiedział</sup> ~~wypowiedział~~ i które długo, zwłaszcza przez niemieckich uczonych, były zwalczane, a nawet wydrwiwane.

Dowody, prawie możnaby powiedzieć namacalne, których dostarczono, przekonały sceptyków. W ciągu kilku lat powszechnie przyjęto teorię elektronów jako ostatni wykwit nauki; ogół uczonych, eksperymentalistów <sup>teoretyków</sup> i teoretyków, skierował swą pracę w kierunku przez nią wskazanym, a przyznać trzeba, że okazała się dotychczas nieomylnym przewodnikiem w labiryncie najróżnorodniejszych i najdziwniejszych zjawisk, jakie na tem polu w ostatnim dziesięcioleciu wykryto<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Ogólny pogląd na teorię elektronów daje przystępnie pisana, zajmująca broszurka Lorentza: *Ergebnisse und Probleme d. Elektronentheorie*, Berlin Springer (1905), 59 str. ~~krótki zarys teorii daje~~ <sup>krótki zarys teorii daje</sup> Bucherer: *Mathem. Einführung i. d. Elektronentheorie*, Teubner (1904) 148 str. ~~obszernie~~ <sup>obszernie</sup>

Teoria elektronów zapatruje się zatem na ciała materjalne, jakby je widziała pod olbrzymio powiększającym mikroskopem. <sup>Przyjmuje</sup> ~~Przyjmuje~~ że przestrzeń jest wypełniona eterem wszystko przenikającym a zupełnie nieruchomym, i dla tego eteru przyjmuje te same równania elektromagnetyczne, co i Maxwell (to znaczy równania str. 2), podstawiając tam  $K$  i  $\mu$  równe jedności, a równe zero. W tym eterze znajdują się ruchome ciała elementarne, owe elektrony, ~~Thomson nazywa je corpuscles~~, posiadające pewną masę mechaniczną i pewien ładunek elektryczny ujemny, ~~o wielkości powyżej obliczonej~~. Atomy materjalne są to kombinacje utworzone z wielkiej liczby takich elektronów, zachowujące się na zewnątrz neutralnie pod względem elektrycznym. Wychodząc z punktu widzenia hipotezy dualistycznej trzeba oczywiście także przyjąć istnienie elektronów dodatniej elektryczności w równoważnych ilościach, ale o <sup>ich</sup> właściwościach ~~dotychczas wiemy~~ <sup>warto</sup> ~~dotychczas wiemy~~ <sup>dotychczas wiemy</sup> gdyż oddzielania się pojedynczych takich cząstek elementarnych od atomów dotychczas tylko u ujemnej elektryczności dowiedzieć można było. ~~Wp~~ <sup>jest</sup> ~~jest w związku z charakterystycznymi różnicami w zachowaniu się dodatniej i ujemnej elektryczności.~~ Anion elektrolityczny ( $Cl$ ,  $NO_3$ ,  $SO_4$  i t. d.) jest to właśnie taki atom, czy grupa atomów, która się połączyła z jednym, czy też dwoma, trzema... elektronami nadliczbowymi ujemnymi (zależnie od wartościowości), a kation ( $H$ ,  $Na$ ,  $Cu...$ ) jest atomem, czy też układem atomowym posiadającym także brak w ich liczbie.

5 Jako przykład, jak, zgodnie z temi <sup>założeniami</sup> ~~przebiegami~~, strukturę atomu sobie <sup>możemy</sup> ~~wyobrazić~~ <sup>wskazać</sup> na genialną hipotezę J. J. Thomsona<sup>1)</sup>, do której później jeszcze powródymy.

Do zasadniczych założeń teorii należy jeszcze twierdzenie, które także już Maxwell otrzymał, przez zastosowanie swych zapatrywań do ciał w ruchu będących: że transport elektryczności, polegający na ruchu ciał naładowanych, jest równoważny ~~z~~ <sup>analogiczne</sup> przedstawienie teorii: Abraham, Theorie d. Elektrizität, Bd. II, Teubner (1905) 404 str. ~~Abraham~~; Lorentz w Encyclopädie d. mathem. Wissenschaften (Teubner) Bd. V. 2. Heft 1. (1904). Od roku 1904 wychodzi: Jahrbuch d. Radioaktivität u. Elektronik, Leipzig, ~~nowy~~ <sup>nowy</sup> zawierające bibliografię i bardzo dobre referaty.

<sup>1)</sup> Przedstawioną w sposób łatwo zrozumiały, bez wywodów matematycznych w broszurce: J. J. Thomson, Elektrizität und Materie, 100 str. Vieweg (1904). ~~Abraham~~



~~Wskazywano~~ ~~do~~ ~~wytworzonego~~ ~~poła~~ ~~magnetycznego~~  
 do sił magnetycznych wywieranych i co do sił ponderomotory-  
 cznych w danym polu doznanych ~~na~~ z prądem galwanicznym od-  
 powiedniej wielkości. Dla teorii elektronowej twierdzenie to na-  
 biera znaczenia zasadniczego, ponieważ ona nie może uznawać  
 dawnego pojęcia prądu; według niej to, co nazywamy prądem  
 galwanicznym, krążącym po przewodniku, (niczem nie jest) innem  
 jak ruch postępowy takich elektronów we wnętrzu metalu. Prze-  
 wodnictwo metali jest zatem zupełnie analogiczne do przewodni-  
 ctwa elektrolitów, z tą tylko różnicą, że w metalach istnieją także  
 pojedyncze, od atomów oderwane elektrony, swobodnie się poru-  
 szające (zdissocjowane), podczas gdy one w elektrolitach przy-  
 czepione są do atomów lub grup atomowych i tylko wspólnie  
 z nimi są poruszać mogą się ✓

Już w roku 1878, a dokładniej w 1889 słynny fizyk amery-  
 kański Rowland sprawdził ową hipotezę Maxwella, ~~wy~~ wy okazując, że  
 krążek naelektryzowany, wirujący koło swej osi, taki sam wy-  
 wiera wpływ na igłę magnetyczną, jak prąd przepływający po  
 obwodzie krążka, ale doświadczenia te nie zostały zupełnie po-  
 wszechnie uznane, gdyż ilości elektryczności tym sposobem po-  
 ruszane są bardzo małe w porównaniu z temi, które prąd gal-  
 waniczny średniego natężenia transportuje, a zatem też siła wy-  
 wierana na igłę magnetyczną jest bardzo nieznaczna i trudno się  
wykazać daje Kwestya zaostrzyła się, gdy Francuz Crémieu w r.  
 1902, wykonując podobne doświadczenia z wielką przezornością,  
 żadnego nie zdołał odkryć wpływu tego rodzaju, a zwłaszcza gdy  
 Amerykanin Pender (1903) znów otrzymał rezultat dodatni, a po-  
 tem Crémieu znowu wynik przeczący. Dla rozstrzygnięcia sporu,  
 ogarniającego coraz szersze koła uczonych a decydującego o lo-  
 sach nie tylko teorii elektronów ale i Maxwella, chwycono się  
 sposobu oryginalnego, któryby za wzór służyć powinien w po-  
 podobnych razach: za staraniem najpierwszych powag naukowych,  
 Poincarégo ze strony Francyi, a Lorda Kelvina ze strony Anglii,  
 zaproszono Crémieugo i Pendera do wspólnej pracy nad tym przed-  
 miotem, stawiając im do dyspozycji wszelkie potrzebne środki  
 naukowe. W przeciągu kilku miesięcy praca, stanowczo rozstrzy-  
gająca tę kwestyę została wykonana, a wynik jej był <sup>ten</sup> że obaj  
 badacze uznali zupełną słuszność przewidywań Maxwella. Ujemne  
 rezultaty dawniej otrzymane przez Crémieugo pochodziły z pe-  
 wnego szczegółu doświadczeń (pokrycie krążka wirującego lakie-

rem), którego doniosłości jako źródła błędów nie można było a priori przypuszczać.

Tak zatem wszelkie wątpliwości co do owego podstawowego prawa elektroniki zostały usunięte. Pewna niejasność jeszcze istnieje, ~~co do wewnętrznej budowy elektronów~~, ale te kwestje dla większości zjawisk są zupełnie obojętne, ~~co~~ co naturalnie też odwrotnie jest powodem, że nie możemy tak łatwo odczytać odpowiedzi na nie w zjawiskach natury. Powrócimy do tego jeszcze później.

Poznawszy wytyczne zasady tej teorii, zastanówmy się nad jej doniosłością. Zauważymy przedewszystkiem, że równania pola elektromagnetycznego, wynikające z niej dla stanu ~~stacjonarnego~~ <sup>ustalonego</sup> albo nie zbyt szybko zmiennego, są identyczne z równaniami Maxwella (z pewnymi zmianami dla ciał poruszających się), że zatem ta teoria tak samo jak owa obejmuje całość „klasycznego” systemu elektromagnetyki i także fale Hertzowskie. Właściwym polem jednak, gdzie jej wyższość się okazała, są dziedziny rozmaitych zjawisk nowo zbadanych.

Jedna z nich jest to dziedzina zjawisk występujących przy rozbrojeniu elektryczności. Pioruny, iskry elektryczne, rozbrojenia w t. zw. rurkach Geisslerowskich należą z pewnością do zjawisk elektrycznych najczęściej obserwowanych i od samego początku najpilniej badanych, a mimo to były one dla nas do niedawna zupełnie niezrozumiałe i wszelkie próby wykrycia jakichś ścisłych prawidłowości rozбивały się o nadzwyczajną ich zawilgość i pozorną nieregularność. Dopiero pod wpływem nowej teorii wszystko zaczęło się porządkować i wyjaśniać. Obecnie, zwłaszcza dzięki <sup>do</sup> poszukiwaniom J. J. Thomsona i jego uczni<sup>1)</sup> chaos ~~wzrost~~ <sup>w zjawiskach</sup> ~~zjawisk~~ zamienił się w systematyczną całość, ściśle związaną z kinetyczną teorią gazów.

Wiemy teraz, że przewodzenie elektryczności w gazach ~~od-~~ <sup>minorcie</sup> bywa się do pewnego stopnia podobnie jak w elektrolitach, wskutek ruchu jonów, popychanych przez siły pola elektrycznego, a wstrzymywanych przez zderzenia z drobinami otaczającymi.

<sup>1)</sup> Najgruntowniejsze dzieło: J. J. Thomson, *Electricitäts-Durchgang in Gasen*, 587 str. Teubner (1906) ~~Wien~~. Krótki pogląd n. p. w książce: Stark, ~~loc. cit.~~ str. 352—409, ~~Wien~~. Bardzo dobre było dziełko: J. J. Thomson, *Entladung d. Elektr. durch Gase*, 144 str. (1900) Barth, ~~Wien~~, obecnie już trochę przestarzałe.

Różnica polega na tem że: 1) jonami mogą być w gazach rozrzedzonych pojedyncze elektrony, przy wyższych ciśnieniach zaś atomy lub drobiny połączone z elektronem, a nawet grupy drobin gromadzące się koło elektronu; 2) średnia droga odbyta przez jony między kolejnymi zderzeniami z otaczającymi drobinami jest wielkością zmienną, zależną od gęstości gazu, i może w gazach rozrzedzonych osiągnąć wartości dość znaczne; 3) jonizacja gazów w stanie naturalnym jest niedostrzegalnie małą, ale istnieje mnóstwo rozmaitych czynników wywołujących sztuczną jonizację i wskutek tego przewodzenie elektryczności, jak promienie Röntgena, promienie katodowe i anodowe, procesy chemiczne i t. p. Przewodzenie elektryczności spowodowane ~~przez~~ <sup>przez</sup> ~~zewnętrzne~~ <sup>zewnętrzne</sup> źródła jonizacji można nazwać „niesamodzielnem“. Dzięki dokładnemu teoretycznemu opracowaniu zyskaliśmy w nim znakomity środek do badania owych czynników jonizujących, który n. p. wobec ciał promieniotwórczych niesłychanie oddał usługi.

Pod pewnymi warunkami może wystąpić także „samodzielne“ przewodzenie elektryczności; mianowicie jeżeli siła elektryczna jest dostatecznie wielką, wtedy jony podczas swej „drogi swobodnej“ tak znaczną prędkość nabywają, że roztrzaskują drobiny z którymi się zderzają, i tym sposobem coraz nowe jony wytwarzają. Łatwo zrozumieć, że liczba jonów musi wtedy nadzwyczajnie szybko wzrastać i że elektryczność przepłynie z coraz większą łatwością i gwałtownością, dopóki napięcie elektryczne trwać będzie, ~~co~~ to znaczy, że powstanie to co nazywamy iskrą elektryczną. Z tej teorii można też wyprowadzić prawo empirycznie znalezione przez Paschen'a, według którego potencjał potrzebny do wytworzenia iskry jest tylko funkcją iloczynu długości iskry i ciśnienia gazu. Zbadawszy zatem zależność długości iskry od potencjału przy zwykłym ciśnieniu atmosferycznem można obliczyć w prosty sposób odpowiednie wartości dla jakiegobądź innego ciśnienia.

Wielką doniosłość dla rozwoju tej dziedziny nauki nabył fakt, obserwowany już niegdyś przez Helmholtza, że para wodna przy osiągnięciu pewnego stopnia przesylenia kondensuje się na jonach w gazie zawartych i w ten sposób wytwarza kropelki naładowane odpowiednim ładunkiem. Najdziwniejszem jest jednak to, że para wodna okazuje ~~predyleksję~~ <sup>skłonność</sup> do jonów ujemnych, ~~gromadząc się na ujemnych jonach~~



i tylko w ostateczności, gdy przesycenie jest znaczne, także jonami dodatnimi ~~sta~~ zadawała <sup>24</sup>Wilson).

Dla zjawisk elektryczności atmosferycznej i meteorologii są to fakty pierwszorzędnej wagi; to też zajęto się z zapałem badaniami nad nowym elementem meteorologicznym: jonizacją atmosferyczną, nad związkiem jego z promieniowaniem słonecznym i z owymi drobnymi śladami substancji promieniotwórczych, których obecność w atmosferze Elster i Geitel odkryli, i śmiało można twierdzić, że oznacza to początek nowej ery dla meteorologii.

Dla fizyki zaś zbadanie owego faktu już obecnie obfite wydało owoce. Samo zjawisko, zdaje się, jest już dostatecznie wytłumaczone przez Thomsona, ale jeszcze ciekawszy~~zy~~ jest użytek, który z niego zrobiono. Mianowicie jony same są oczywiście niewidzialne, ale jeżeli koło każdego z nich wytworzymy kropelkę przez kondensację pary, wtedy ruch tych kropelek możemy dokładnie śledzić i możemy zmierzyć, jakiej one prędkości nabywają pod wpływem ciężkości lub znanych sił elektrycznych, a z tych danych obliczyć możemy wielkość ~~ładunku~~ ładunku elektrycznego, który kropelka zawiera, i który stanowi pierwotny nabój jonu. Tym sposobem J. J. Thomson, Townsend i Wilson otrzymali liczby zupełnie zgodne między sobą i z ową liczbą, którą poprzednio z całkiem odmiennych zjawisk wyprowadziliśmy, co oczywiście stanowi świetne potwierdzenie zasad tej teorii.

Bezsprzecznie najciekawsze są jednak zjawiska występujące w gazach bardzo rozrzedzonych<sup>1)</sup>. Wtedy jony dużo mają przestrzeni wolnej dla swego ruchu, więc pod wpływem siły elektrycznej zakreślają długie proste drogi swobodne i nabywają przy tem wielkiej prędkości: powstaje zjawisko, które określamy nazwą promieni. Są to zatem promienie w sensie teorii emisyjnej Newtona, tylko z tą różnicą, że cząstki wyrzucane są naładowane elektrycznością. Skutek tego naboju ujawnia się w tem, że zewnętrzne poprzeczne siły elektryczne uginają je z drogi prostej w swym kierunku, a poprzeczne siły magnetyczne w kierunku prostym (ponieważ magnes według omawianej przedtem zasady działa na taki promień jak na przewodnik prądu elektrycznego).

<sup>1)</sup> Polecenia godne dziełko (bez wywodów matematycznych): Schmidt, Kathodenstrahlen, 120 str. Vieweg (1904), *W. Vieweg*

Dodatknie cząstki<sup>1)</sup> tworzą t. zw. „~~Kanalstrahlen~~“ ~~to~~ promienie anodowe, a ujemne elektrony tworzą owe promienie katodowe, których dziwne właściwości już od czasów Crookesa ~~tego~~ nabyły rozgłosu. Obecnie wiemy, że promienie katodowe (wychodzące z bieguna ujemnego, katody, skąd nazwa) powstają nie tylko w owych rurkach Crookesa, każdemu dobrze znanych, lecz że są one zjawiskiem bardzo powszechnem. Powstają one na powierzchni metali i rozmaitych innych ciał oświetlanych (zwłaszcza światłem pozafołkowym) dając powód do t. zw. zjawisk fotoelektrycznych, powstają też (jako „promienie wtórne“) ~~Sekundärstrahlen~~ przy pochłonięciu promieni Röntgena przez ośrodki absorbujące, jak metale lub gazy, a powstają także prawdopodobnie przy zjawiskach chemicznych jak n. p. w płomieniach; wydawane są również przez rozżarzone metale i inne ciała silnie ogrzane (zwłaszcza tlenek wapna), oraz przez substancje radioaktywne, których według nowszych badań jest wiele więcej niż pierwotnie przypuszczano. Rzadko jednak promienie te są tak silne, ~~aby~~ można wykazać ich istnienie bez przyrządów o wielkiej czułości.

Właściwości ich zależą w bardzo wysokim stopniu od prędkości, którą posiadają, a ta znowż związana jest ze sposobem ich powstania i ze stanem zewnętrznego pola elektrycznego. Promienie powolne, jak te, które według Lenarda są wydawane przez metale oświetlone, ~~Wm~~ posiadające prędkości rzędu  $10^8 \frac{cm}{sec}$ , podlegają już zboczeniu pod wpływem bardzo słabych sił magnetycznych lub elektrycznych, i nie są w stanie przejść przez warstwę powietrza grubości  $\frac{1}{1000}$  mm; natomiast najszybsze dotychczas znane, promienie  $\beta$  wydawane przez rad, o prędkości  $2.3-2.9 \cdot 10^{10} \frac{cm}{sec}$ , więc bliskiej prędkości światła, znacznie mniej podlegają zboczeniu w polu magnetycznem, a zwłaszcza elektrycznem, możnaby powiedzieć, są wiele sztywniejsze i przy tem przenikliwsze, gdyż przenikają warstwy kilkunastu centymetrów powietrza bez znacznego osłabienia. Analogją z kamieniem rzuconym z małą prędkością, zakreślającym drogę silnie skrzywioną

<sup>1)</sup> Masa ich, obliczona w podobny sposób jak dla promieni katodowych (zob. później) okazała się mniej więcej równą masie atomowej. Zdaje się zatem, że są to atomy, od których jeden czy kilka ujemnych elektronów ~~oddzielił~~ ~~oddzielił~~

i z kulą, wystrzeloną z karabina, lecącą prawie drogą prostą, objaśnia te zjawiska bez długiego tłumaczenia.

Zrozumiemy też, dzięki tej analogji, do pewnego stopnia, jak na podstawie takich obserwacji zboczenia promieni można odwrotnie obliczyć ich prędkość. Prosty rachunek dowodzi, że kombinując dane co do skrzywienia promienia w polu magnetycznym i w polu elektrycznym, można obliczyć z jednej strony prędkość elektronów poruszających się, a z drugiej strony stosunek masy mechanicznej takiego elektronu do jego naboju elektrycznego. Tym sposobem otrzymano liczby ~~na~~ <sup>na</sup> prędkości wyżej przytoczone. Wielkość ich, przekraczająca tak nadzwyczajnie wszelkie inne prędkości ciał materialnych poruszających się początkowo spotykała się z pewnem niedowierzaniem, pomimo że także inne sposoby obliczenia (na podstawie energii zużytej do wytworzenia promieni, lub ciepła wytworzonego przez promienie i ilości elektryczności transportowanej) te same dawały rezultaty.

Wszelkie wątpliwości zostały jednak usunięte, gdy się udało uczonym niemieckim Des Coudres i Wiechert. wykonać bezpośredni pomiar prędkości promieni katodowych. Metoda ich, nadzwyczaj pomysłowa, przypomina w zasadzie metodę zastosowaną przez Fizeau do mierzenia prędkości światła, ale różni się ~~z~~ tem, że używa się tu szybko przemiennych prądów, odchylających magnetycznie owe promienie, ~~na miejscu~~ <sup>zamiast</sup> koła zębatego, którem Fizeau się posługiwał ~~do~~ <sup>celu</sup> przerywania promieni świetlnych. Potwierdzenie liczb przedtem obliczonych, które te bezpośrednie pomiary umożliwiły, jest nowym dowodem dla słuszności naszych zapatrywań co do natury elektronów.

Ale jeszcze donioślejsze okazało się obliczenie owego stosunku  $\frac{m}{e}$ , masy elektronów do ich naboju elektrycznego, ponieważ zna-

jąc wielkość tego naboju (patrz str. 6) można z niego także <sup>obliczyć</sup> ~~obliczyć~~ masę elektronów. Pierwszy J. J. Thomson tym sposobem zdołał oznaczyć tę wielkość; pokazuje się, że masa ta wynosi  $0.6 \cdot 10^{-27}$  grama, t. j. mniej więcej  $\frac{1}{2000}$  część atomu wo-

doru, ~~na~~ <sup>co</sup> najciekawsze: że liczba ta jest niezależna od natury gazu i od natury elektrody, z której wychodzą promienie katodowe. To uważał za dowód, że atomy wszystkich ciał są zbudowane z takich samych elektronów i że różnice we właściwościach



pierwiastków chemicznych (tylko polegają) na różnicach w liczbie i w rodzaju ułożenia tych cegiełek. To są więc owe praatomy, o których niegdyś marzyli niektórzy chemicy (Prout i inni).

A jeżeli te cegiełki są wszystkie jednakowe, czemużby atomy jednego rodzaju nie miały się dać przemienić w atomy innego rodzaju? Kilkanaście lat temu byłoby się takie przypuszczenie uważało za dziecinną utopję, ~~ale~~ a obecnie wiemy, że istotnie w naturze takie przemiany się odbywają! A na przyszłość będziemy o tyle ostrożni, ażeby słowa „niemożliwość“ nigdy we fizyce nie używać.

Do tych wyników później jeszcze powrócimy, obecnie zaś rozpatrzmy konkluzję innego rodzaju, z tych badań wynikającą. W klasycznych teoriach fizyki zwykle ujawniała się tendencja do wytłómaczenia sobie zjawisk elektrycznych sposobem mechanicznym, jako objawów wewnętrznej mechanicznej struktury eteru ~~Maxwell~~ (Maxwell nawet wymyślił odpowiedni model eteru) ~~ale~~ zaniechano później tych usiłowań, gdyż mechanizm, który trzeba było przypuścić, był zbyt skomplikowany, tak że nie ułatwiał poglądu<sup>1)</sup>. Później niekiedy podnoszono nieśmiało myśl, czyby się nie dało odwrócić mechanikę sprowadzić <sup>z dziedziny</sup> ~~do~~ elektryczności.

Tu się nadała ku temu sposobność: gdyby się nam udało wytłumaczyć bezwładność elektronów jako objaw sił elektrycznych, ~~co~~ znaczyłoby to, że pojęcie masy elektronu, a zatem masy materjalnej wogóle, zredukowaliśmy ~~do~~ <sup>do</sup> pojęcia z dziedziny elektryczności. Takie tłumaczenie zaś istotnie jest możliwem. Już w roku 1879 bowiem J. J. Thomson dowiódł z równań Maxwella, że kula naelektryzowana musi ~~przy~~ swym ruchu okazywać takie właściwości, jak gdyby posiadała pewną bezwładność. Jest to objaw energii potencjalnej, która z wytworzeniem pola magnetycznego dokona naboju poruszanego (jakoby prądu galwanicznego) jest połączona. Wszak powszechnie znanem jest to zjawisko bezwładności prądu w przewodnikach metalowych pod nazwą Extraström, czyli prądu powstającego wskutek samo-indukcji, gdy siłę elektromotoryczną załączamy lub wyłączamy; ale tam trwa ono tylko bardzo krótki czas, ponieważ elektrony w metalu doznają tarcia pochłaniającego ich energję kinetyczną i zamieniającego ją

na ciepło ~

<sup>1)</sup> Zestawienie badań w tym kierunku: Witte, Über d. gegenw. Stand d. Frage nach <sup>der</sup> mechan. Erklärung d. elektr. Erscheinungen, Berlin, Ebering (1906) 232 str. ~~Monks~~

w ciepło Ionie'a. Masa elektronu byłaby zatem nie materjalną, pozorną, ~~by~~ byłaby tylko objawem sił elektromagnetycznych, powstających dzięki naładowaniu elektrycznością.

Trzebaby tę hipotezę uznać za możliwą, ale nie sprawdzalną, gdyby ściśle obliczenia z niej nie wyprowadziły dalszej konsekwencji, że elektron tylko dla stosunkowo powolnych ruchów posiadałby określoną, niezmienną masę, zgodnie z pojęciem masy mechanicznej Newtonowskiej; ~~po~~ ~~pr~~ ruchach zbliżających się do prędkości światła zaś musiałaby jego bezwładność się powiększyć, wskutek deformacji linii sił elektrycznych, wywołanej tak szybkim ruchem. Tu jest sposobność do experimentum crucis, rozstrzygającego za lub przeciw tej teorii.

Kauffman wykonał je, powtarzając (1901) z największą dokładnością pomiary prędkości i masy elektronów dla promieni  $\beta$  wydawanych przez rad, które są znacznie szybsze niż te, których używał Thomson, i znalazł istotnie znaczne powiększenie masy przy wielkich prędkościach, jak następujące liczby wskazują:

<u>prędkość</u> <u><math>10^{10}</math></u>	mała	2.2	2.4	2.7	2.9	<del>10<sup>10</sup></del> <sup>cm</sup> sek
masa	1	1.34	1.47	2.05	2.42	

Wyrok wypadł zatem przeciwko tradycyjnej mechanice, a za tłumaczeniem elektrycznym bezwładności. Prawa mechaniki Newtonowskiej są zatem tylko przybliżenie ważne, ~~na~~ z ograniczeniem do niezbyt wielkich prędkości. Dla ciał poruszających się szybciej niż 100.000 kilometrów na sekundę masa jest zmienną, nawet różną dla sił działających w kierunku ruchu a w kierunku poprzecznym; a równocześnie prawo równoległoboku sił przestaje być ważnem.

Czy porzucimy zatem dotychczasową mechanikę, która przez 250 lat dyktowała prawa całej fizyce i którą uważaliśmy za jej najpewniejszą podstawę? Bynajmniej nie! Będziemy się trzymali mechaniki Newtona jak dotychczas, dla wszystkich ruchów „powolnych”, ~~na~~ o prędkościach mniejszych od kilkudziesięciu tysięcy kilometrów na sekundę, ale będziemy uważali pojęcia mechaniczne za symbole skrcające, których używamy, ażeby nie trzeba się zapuszczać w zawile obliczenia elektromagnetyczne, i będziemy pamiętać, że nie wolno używać tych pojęć upraszczających w ten sam sposób, gdy chodzi o ruchy „szybkie“.

Owa zmienność masy elektronów przy bardzo szybkim ruchu jest też pod innym względem nadzwyczajnie ważna, gdyż ona według teorii od tego zależeć musi, czy elektrony mają kształt niezmienny, kulisty, jak suponuje Abraham, czy też przybierają kształt elipsoidy przy tak szybkim ruchu, co przyjmują Lorentz, Bücherer i inni. Jest to jedno z owych zjawisk wspomnianych na str. 51, gdzie także kształt elektronu pewną odgrywa rolę, i z których zatem też odwrotnie o zmianach tego kształtu możnaby się dowiedzieć. Innym przypadkiem tego rodzaju są pewne doświadczenia optyczne, zapomocą których Michelson daremnie usiłował dowieść ruchu ziemi względem nieruchomego eteru wszechświata. Mimo starannych pomiarów Kauffmana nad pierwszym punktem i mimo głębokich badań różnych uczonych nad drugim przedmiotem nie można jeszcze kwesty tej uważać za rozstrzygniętą, gdyż dokładność dotychczasowych danych doświadczalnych do tego nie wystarczy, więc też nie będziemy się zagłębiać w odnośne spekulacje Lorentza. Przypuszczenie jego, że na mocy dokładnych pomiarów optycznych ruch ziemi względem eteru mógłby być wykrytym, dziwnem się wydaje, ale nie możemy tej możliwości a priori odrzucić, tak samo jak nie możemy a priori rozstrzygnąć, czy dla sił działających między eterem a elektronami istnieje prawo działania i oddziaływania czy nie.

Zaznaczyć należy jednak jeszcze pewien ciekawy wynik tego „elektrycznego wytłumaczenia” masy mechanicznej. Pozorna masa elektronu musi bowiem zależeć od gęstości elektryczności wypełniającej elektron, a zatem także od jego rozmiarów; a z tego obliczono zapomocą ścisłego rachunku, że średnica elektronu jest wielkością rzędu  $10^{-13}$  cm t. j. kilkaset tysięcy razy mniejszą od średnic drobinowych.

Ponieważ zatem elektrony tylko nadzwyczajnie drobną część przestrzeni w ciałach stałych rzeczywiście zajmują, można też zrozumieć „przeźroczystość” ciał dla takich nadzwyczajnie drobnych a szybkich pocisków, jakimi są promienie  $\beta$ .

Wyniki w ostatniej części omawiane są pouczającym przykładem, do jak doniosłych konsekwencji może doprowadzić wyczerpujące zbadanie jakiegoś zjawiska, nawet na pozór izolowanego i nie obiecującego ogólniejszych rezultatów.

O nadzwyczajnie ciekawych i ważnych badaniach mających na celu wytłumaczenie magnetyzmu, termoelektryczności, a na-



wet także grawitacji powszechnej, na podstawie pojęć elektronowych, tylko nawiasem wspomniemy, gdyż tutaj budowa teorii jeszcze nie jest wykończona, ale nieco obszerniej poruszyć trzeba zjawisko występujące zawsze w połączeniu z promieniami katodowymi, które wśród szerokiej publiczności znacznie większego od nich nabyło rozgłosu, choć dotychczas dla nauki mniej owocnem się okazało: promienie Röntgena<sup>1)</sup>.

Obecnie przynajmniej kwestya sporna co do istoty tych promieni jest stanowczo rozstrzygnięta. Są to nagłe i nader krótko trwające zaburzenia elektromagnetyczne eteru, które powstają, kiedykolwiek elektrony doznają nagłej zmiany w swym ruchu, a zwłaszcza wyraźnie występują, gdy promień katodowy wpada na powierzchnię płyty z metalu ciężkiego (jak platyna, ołów). Używając porównania z dziedziny akustyki, można je zestawić z szelestem występującym gdy grad uderza o twardą ziemię; różnią się one od fal świetlnych podobnie jak ten szelest się różni od dźwięków muzycznych: tem, że tworzą tylko chwilowe wzburzenia elektromagnetyczne, a nie szereg regularnych periodycznych falowań.

Zapatorywania te zostały wypowiedziane przez Stokesa zaraz po odkryciu tych promieni, podczas gdy inni początkowo w nich upatrywali fale podłużne eteru i t. p., ale obecnie mamy na nie ścisłe dowody. Marx zdołał zmierzyć prędkość promieni Röntgena (1906); doświadczenia jego, które tak jak pomiary analogiczne promieni katodowych (patrz str. 13) są arcydziełem nowoczesnej fizyki eksperymentalnej, dały liczbę 300.000 km., identyczną z prędkością światła. Barkla odkrył u tych promieni pewne zjawiska polaryzacji, co wspólnie z owym rezultatem dowodzi, że mamy tu rzeczywiście do czynienia z (poprzecznymi) zaburzeniami elektromagnetycznymi eteru, pokrewnymi ze światłem. Holendrzy Haga i Wind zaś dowiedli u nich śladów uginania, przy przejściu przez wąską szparę, wyciętą w ekranie platynowym, z których wnioskowali, że t. zw. szerokość impulsu (t. j. grubość warstwy zaburzonej (eteru) wynosi mniej więcej  $\frac{1}{1000}$  długości fal świetlnych!

To też tłumaczy zupełnie, czemu one nie doznają ani odbicia ani załamania regularnego, gdyż odstęp między drobinami ciał

<sup>1)</sup> Oprócz obszernego dzieła Thomsona, loc. cit. str. 9: Donath, D. Einrichtungen z. Erzeugung v. Rönt. Strahlen, Berlin (1903) 2 Aufl., 244 str. Mk. 7.—

napotykaných po drodze większe są od owej szerokości impulsu, więc ciała materyalne dla tak drobnych zaburzeń nie przedstawiają cech ośrodka jednolitego, lecz zachowują się jak zbiorowiska z drobnych ziarn. Obszernego pola dla badań dostarczają jeszcze różnice między rozmaitymi promieniami Röntgena, „miękkimi“ t. j. stosunkowo mało przenikliwymi, jakie wytwarzane są przez powolne promienie katodowe i „twardymi“, pochodzącymi od szybkich promieni katodowych i obdarzonymi wielką zdolnością przenikania.

## II.

Ściśle biorąc, przedmiot tu właśnie omawiany należy już zaliczyć nie do elektryczności lecz do optyki w szerszem znaczeniu słowa, czyli nauki o promieniowaniu. Ale w ostatnich czasach dziedziny te tak się zrosły i zlały ze sobą, że ścisłe ich odgraniczenie jest zupełnie niemożliwe.

Dawniejsza, historyczna optyka zapatrywała się na promień światła jako coś danego i tylko badała zmiany zachodzące podczas jego przebiegu. Znacznie później dopiero zajęto się związkiem między istotą źródła światła a rodzajem promieni przezeń wysyłanych: doczepiono do optyki nową dziedzinę: analizy widmowej, z którą się z czasem także połączyła nauka o promieniowaniu cieplnem, ponieważ poznano, że promienie świetlne stanowią tylko rodzaj promieni cieplnych. W tych nowszych działach nagromadzono z czasem nadzwyczaj rozległy, choć bardzo chaotyczny materiał doświadczalny, ale oprócz fundamentalnego prawa Kirchhoffa o stosunku emisji do absorpcji, otrzymanego zapomocą rozważań termodynamicznych, i oprócz pewnych bardzo niedostatecznych wskazówek co do związku dyspersji anormalnej z absorpcją, nie zdołano zdobyć ogólniejszych wyników, dopóki panowała mechaniczna undulacyjna teoria światła.

Dopiero gdy pod naciskiem doświadczeń Hertza porzucono tamtę, a przyjęto elektromagnetyczną teorię światła, otworzyła się droga do postępu. W obecnej chwili trudno będzie znaleźć między uczonymi choć jednego zwolennika starej teorii. Odłożono ją ad acta jako nieużyteczny przeżytek — któremu tylko jeszcze kwitnąć pozwalają w niektórych naszych podręcznikach szkolnych.

Różnica pod pewnym względem jest niewielka, zamiast pojęcia poprzecznych drgań eteru, analogicznych do drgań ciał sprężystych, podstawiono wszędzie pojęcie poprzecznych, perystodycznie

zmiennych sił elektrycznych, i z tą małą zmianą słów przyjęto prawie wszystkie teorie klasycznej optyki. Ale doniosłość tej zmiany dla rozwoju optyki polega na tem, że zamiast uciekać się do przypuszczenia jakichś dziwacznych właściwości sprężystych eteru, możemy wszystko wytłumaczyć za pomocą jego dokładnie znanych właściwości elektrycznych i że zamiast robić hipotezy co do zagadkowego sposobu jak ciała materialne wpływają na sprężyste właściwości eteru, możemy przewidzieć na podstawie naszych wiadomości o strukturze atomów, jak one na fale elektryczne będą oddziaływały, i jak swoimi ruchami wewnętrznymi takie fale będą wzbudzały.

Optyka dzieli się z tego punktu widzenia na dwa działy. Aż do pewnego punktu można się równie dobrze posługiwać dawną, mechaniczną jak też nową, elektromagnetyczną teorią, albo najlepiej hipotezą najogólniejszą, że światło polega na zjawisku periodycznem pewnego rodzaju, bez bliższego roztrząsania istoty tego zjawiska<sup>1)</sup>. Jest to ów dział optyki, w którym głównie się obracała optyka klasyczna, który po niej w niezmiennionej formie odziedziczyliśmy i zapewne też niezmieniony prześlemy naszym potomkom.

Nie można jednak twierdzić, żeby na tem polu nie było postępu. Przeciwnie, t. zw. optyka geometryczna, czyli teoria instrumentów optycznych, zwłaszcza dzięki badaniom Abbe'go nadzwyczajnie się wykształciła, a w ślad za nią poszło wydokonalenie instrumentów optycznych, mikroskopów, obiektywów fotograficznych i t. p., jakie związane jest zwłaszcza z imieniem firmy Zeiss. Na polu mikroskopiki nawet nastąpiło niespodziewane odkrycie, że przy nadzwyczajnie silnem oświetleniu można widzieć (choć niewyraźnie) cząstki jeszcze wiele mniejsze niż 0.0002 mm., co Helmholtz uważał za granicę nieprzekraczalną, podyktowaną przez prawa uginania światła, i Siedentopf i Zsigmondy zdołali nawet tym sposobem w swym „ultramikroskopie“ wysunąć granice widzialności do rozmiarów 0.000005 mm.

<sup>1)</sup> Przeważnie z tego punktu widzenia optyka traktowana jest w świetnie napisanem elementarnem dziełku Witkowskiego, które wyszło jako drugi zeszyt tomu drugiego „Zasad Fizyki“. Warszawa (1904) 1 rb. 35 kop. Jako podręcznik wyższej optyki teoretycznej, odpowiadający obecnemu stanowi nauki, polecić musimy gorąco: Drude, Lehrbuch d. Optik 2. Aufl. (1906) Leipzig Mk. 13.—.



Ale wszystkie te wydoskonalenia, jakkolwiek dla praktyki ważne, mają raczej charakter uzupełniający pewne luki systemu z przeszłości przekazanego, i nie mogą być porównane co do swej doniosłości naukowej z powstaniem zupełnie nowych części optyki, które zawdzięczamy teorii elektromagnetycznej — i to jest ten drugi dział, który dla teorii mechanicznej był niedostępny i którym obecnie się zajmujemy: właściwa teoria promieniowania. W nim znów możnaby dwie części rozróżnić: ogólne prawa promieniowania, w których wystarczy przyjęcie ogólnych zasad teorii Maxwella, i takie zjawiska, które wymagają wprowadzenia pojęć elektronowych, w celu wytłumaczenia specjalnych właściwości rozmaitych substancji.

Przytoczę najprzód najważniejsze fakty pierwszego rodzaju.

*Rosjanin* Z teorii elektromagnetycznej wynika, że światło padające na powierzchnię ciała wywierać musi nań pewne ciśnienie; istotnie ~~Moskal~~ Lebediew i Amerykanie Nichols i Hull zdołali wykazać jego istnienie zapomocą nadzwyczajnie delikatnych doświadczeń i sprawdzić jego wielkość teoretycznie obliczoną<sup>1)</sup>.

Na podstawie praw tego ciśnienia i ogólnych zasad termodynamiki, Boltzmann podał dowód <sup>ściśle</sup> ścisłości t. zw. prawa Stefana, twierdzącego że: całkowite promieniowanie ciała czarnego rośnie proporcjonalnie do czwartej potęgi jego temperatury bezwzględnej, i tak kwestya podniesiona już w r. 1818 przez Dulonga i Petita została ostatecznie załatwiona.

Pozostawało jeszcze do zbadania, w jakiej proporcji promienie o różnych długościach fali składają się na wydanie owego promieniowania całkowitego, innemi słowami, jaki jest kształt funkcji, określającej rozkład promieniowania, przy każdej danej temperaturze. Także tę kwestyę, dzięki głębokim badaniom teoretycznym Wiena i Plancka z jednej strony, a stwierdzającym je pracom doświadczalnym Paschena, Lummera i Pringsheima z drugiej strony, można obecnie uważać za zupełnie wyjaśnioną; wynik streszcza się we wzorze Plancka<sup>2)</sup>, według którego natężenie promieni o długości  $\lambda$ , we widmie pochodzącem od ciała czarnego

<sup>1)</sup> Ciśnienie <sup>wykonane</sup> wykonane na  $1\text{ m}^2$  przez promienie słońca prostopadle wpadające równa się ciężarowi  $\frac{1}{9}\text{ mg}$ . Sprawozdania z prac doświadczalnych i teoretycznych nad tym przedmiotem w Jahrb. d. Radioactiv. u. El. II. (1905) p. 267—313.

<sup>2)</sup> Czytelnikom, których wywody matematyczne nie odstraszą, gorąco polecamy: Planck, Vorles. ü. Wärmestrahlg., Barth (1906) 222 str. Mk. 7\*80.

temperatury  $T$ , określone jest formułą, zawierającą dwa współczynniki stałe  $C$ ,  $\alpha$ :

$$\sigma(\lambda, T) = \frac{C}{\lambda^5 \left( e^{\frac{\alpha}{\lambda T}} - 1 \right)}$$

Na mocy prawa Kirchhoffa możnaby zatem przewidzieć zjawiska emisji dla jakichbyś substancji, o ile znaneby były ich prawa absorpcji — i te stanowią ów drugi dział problemów, gdzie wprowadzenie pojęć elektronowych okazuje się koniecznem. Według zasad teorii elektromagnetycznej składają się na absorpcję głównie dwie przyczyny: pierwszą jest przemiana energii drgań elektrycznych w ciepło Joule'a, jeżeli promienie padają na ciała dobrze przewodzące, jak n. p. metale [posiadające elektrony „swobodne“], co przyczynia się u nich do wybitnej ich zdolności refleksyjnej i nieprzeźroczystości. Znaną rzeczą było już dawniej, że najlepszy przewodnik, srebro, służy do wyrobu najlepszych zwierciadeł. Wzór teoretyczny dla związku tych właściwości z przewodnictwem, który pochodzi jeszcze od Maxwella, został stwierdzony przez doświadczenia Rubensa i Hagena z taką dokładnością, że możnaby odwrotnie nawet używać takiej metody optycznej do oznaczenia przewodnictwa elektrycznego.

Zgodność ta stosuje się jednak tylko do promieni pozaczzerwonych, gdyż u właściwych promieni świetlnych drugi z wyżej wspomnianych czynników, powodujących absorpcję, wywołuje pewne komplikacje. Czynniki ten, który w niemetalach wogóle dominującą odgrywa rolę, polega na tem, że elektrony ciała prześwietlanego, do ruchu drgającego pobudzone, promieniają energię na zewnątrz, podobnie jak struna udziela energię swą powietrzu otaczającemu. To porównanie akustyczne też tłumaczy, na mocy ogólnej zasady rezonancji, czemu (według teorii szczegółowo rozwiniętej przez Drudego i Plancka) absorpcja właśnie dla takich fal świetlnych najsilniej występuje, jakie odpowiadają częstości własnych swobodnych drgań elektronów owej substancji. Wzory teoretyczne, zdające sprawę z empirycznie poznanego związku absorpcji z dyspersją anormalną, obejmują wzory dla dyspersyi dawniej już wywiedzione przez różnych uczonych (Cauchy, Briot, Helmholtz, Ketteler) jako specjalne przypadki, a zwłaszcza zostały wyraźnie sprawdzone przez pomiary Rubensa i Aschkinassa

nad promieniami cieplnymi o największej dotychczas znanej długości fali ( $\lambda=0.06$  mm).

Ta droga rozumowania naprowadza nas na pytanie, jaki istnieje związek między naturą chemiczną substancji a drganiami jej elektronów (czyli jej właściwościami absorpcyjnymi i emisyjnymi), to jest na starodawną kwestię analizy spektralnej. Ołbrzymi materiałem na tem polu od czasów Kirchhoffa nagromadzony znajdował się do niedawna w stanie zupełnie chaotycznym. Nową drogę otworzyły tu dopiero badania Balmera nad widmem wodoru (1885); wykazał on mianowicie, że długości fal czterech znanych jego linii widmowych, ułożone w regularny szereg, objąć się dają prostym wzorem matematycznym, i na podstawie tego wzoru przepowiedział pozycję dalszych linii wodorowych, z których istotnie do dziś dnia nie mniej niż 31 stwierdzono w części poza-fioletowej widma. Rydberg, Kayser i Runge badania te dalej poprowadzili u innych pierwiastków i w ich widmach również wykryli podobne regularności, tak że obecnie rozłożyć potrafimy widma całego szeregu pierwiastków (*H, Li, Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr* i t. d), każde w kilka takich serii, określonych stosunkowo prostymi wzorami matematycznymi.

Zadanie tu dokonane da się porównać z rozwiązaniem kwestyi, którą Kepler sobie stawiał wobec ruchu planet: drogą czysto empirycznie induktywną odnaleziono prawidłowość w chaosie danym przez obserwację bezpośrednią i ujęto cały ten obszar zjawisk w karby wzorów matematycznych. Pozostaje obecnie problem do rozwiązania, analogiczny do dzieła Newtona, problem: jaki jest układ elektronów wewnątrz atomu promieniującego, i jakie są siły utrzymujące je w tym układzie, innemi słowami, jaka jest struktura tej budowy elektronowej, którą nazywamy atomem.

Nadzwyczajnie ciekawą, a dotychczas jedyną próbę rozwiązania tego fundamentalnego problemu całej fizyki i chemii, tworzy wspomniana (na str. 7) hipoteza J. J. Thomsona o budowie atomów, która istotnie oprócz różnych innych zjawisk także prawidłowości serii widmowych tłumaczy. Przedwczesną byłoby jednak rzeczą obecnie o niej sądzić; dużo przedtem będzie trzeba wykonać odnośnych badań teoretycznych i doświadczalnych, gdyż jeszcze cały szereg rozmaitych zjawisk się wiąże z tym przed-



miotem. Z pomiędzy nich poruszymy na tem miejscu tylko jeszcze wspomniane przedtem (str. 6) zjawisko Zeemanna<sup>1)</sup>.

Jeżeli istotnie fale elektryczne, stanowiące to co nazywamy promieniowaniem, powstają wskutek drgań elektronów, w takim razie można oczekiwać, że obecność pola magnetycznego musi wpłynąć na promieniowanie cieplno-światłne, ponieważ będzie modyfikować ruchy drgające elektronów, tak jak zmienia też ich ruchy postępowe (uginanie magnetyczne promieni katodowych).

Istotnie po rozmaitych nieudanych próbach Zeemann zdołał wykazać taki wpływ, mianowicie że we widmie wydawanem przez płomień sodowy owe dwie linie żółte, które odpowiadają czarnej linii *D* we widmie słonecznem, się rozpadają, każda znowu na dwie linie bardzo bliskie, jeżeli takie pole magnetyczne dokoła płomienia utworzymy, żeby promienie światła wychodziły w kierunku siły magnetycznej; a każda rozpada się na trzy linie, jeżeli siła magnetyczna jest prostopadła do kierunku promieni.

Rodzaj tego rozszczepienia i zjawiska polaryzacji w nim występujące, zupełnie się zgadzają z przewidywaniem teoretycznem, tak dalece że z wielkości rozszczepienia obliczyć można stosunek masy elektronów do ich ładunku elektrycznego, a liczba tak otrzymana okazuje się identyczną z owemi, które otrzymano na podstawie zupełnie odmiennych zjawisk (por. str. 13).

Zgodność ta tworzy jedno z głównych wiązań łączących różne dziedziny teorii elektronowej.

Zjawisko to zostało tym sposobem zupełnie wyjaśnione z punktu widzenia tej teorii, ale we widmach innych pierwiastków występują także zmiany innego rodzaju, więcej skomplikowanej natury, gdyż niektóre linie rozpadają się na większą liczbę składowych i t. p., i tu pozostaje jeszcze obszerne pole, zarówno do obserwacji jak i do wytłumaczenia teoretycznego.

Należałoby tu jeszcze poruszyć cały szereg rozmaitych kwestii, jak związek tych zjawisk z teorią magnetyzmu, z magnetycznym skrętem płaszczyzny polaryzacji, odkrytym przez Faradaya, z analogicznem zjawiskiem Kerr'a, występującem przy odbiciu światła od magnesów, z ciekawem zjawiskiem elektromagnetycznem, odkrytem przez Hall'a, ale może już powyższy pobieżny szkic wystarczy do określenia kierunku, w którym obe-

<sup>1)</sup> Patrz n. p. Lorentz-Tołłoczko cyt. str. 29; Drude cyt. str. 19; Cotton *Le phénomène de Zeeman*, Paris (1900) fr. 2.—.

nie optyka się rozwija, a z drugiej strony do scharakteryzowania doniosłości, jaką nabyła teoria elektronów, jako spójnia łącząca najrozmaitsze działy fizyki w jedną systematyczną całość i jako przewodniczka w coraz to nowych odkryciach.

### III.

W obec rozwoju tych działów nauki, elektryczności i z nią związanej optyki, mniej wybitnymi wydają się postępy dokonane w ostatnich latach na polu mechaniki i termiki.

Mechanika dzisiejsza<sup>1)</sup> polega na tych samych prawach, które Newton jako podstawowe wygłosił i których później Bernoulli, D'Alembert, Euler, Lagrange, Hamilton, Jacobi do rozwiązywania najrozmaitszych problemów używali, nadawając im równocześnie formy (znane pod nazwą różnych „zasad” mechaniki), które w danym razie były dogodniejsze lub ogólnością i elegancją wybitniejsze. Dzisiaj wprowadzie teoria elektronów zdołała prawa te do zjawisk elektromagnetycznych zredukować, a co do zupełnej ich ścisłości wzbudziła poważne wątpliwości, i tak dokonała pewnego rodzaju wewnętrznej rewolucji w tej dziedzinie, ale mimo to przecież nikomu na myśl nie przyjdzie porzucić tę dawną mechanikę, gdyż uznać ją musimy za najprostszą a we wszystkich zwykłych przypadkach zupełnie wystarczająco dokładną teorię ruchu ciał.

Nowsi autorowie ograniczają się na wykończeniu szczegółów, na opracowaniu specjalnych zastosowań, zwłaszcza tych, które dla astronomii lub geofizyki mają większe znaczenie (problem trzech ciał, teoria krążka wirującego i t. p.<sup>2)</sup> lub na krytycznych badaniach co do logicznej ścisłości różnych sposobów uzasadnienia mechaniki (Mach, Hertz, Boltzmann<sup>3)</sup>).

<sup>1)</sup> Zajmujący wykład o rozwoju mechaniki: Duhem, Ewolucja mechaniki, Warszawa (1904) 223 str. rs. 1 kop. 50.

<sup>2)</sup> Gorąco polecamy bardzo zajmujące, przystępnie pisane dziełka: Perry, Drehtreibe, Teubner (1904) 125 stron, Mk. 2'80; Darwin, Ebbe und Flut, Teubner (1902) 344 stron, Mk. 6'80.

<sup>3)</sup> Dziełem o fundamentalnem znaczeniu, a zrozumiałem nawet dla niefachowców jest: Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, historisch kritisch dargestellt, Leipzig (1901) 550 str. Mk. 9.—; dzieła Boltzmanna (Barth, 1904) a zwłaszcza Hertza (Barth, 1894) są obliczone dla specjalistów i dlatego trudniej zrozumiałe.

Także w hydrodynamice usiłowania autorów nowoczesnych nie są skierowane ku szukaniu nowych zasad fizycznych, bo co do teoretycznej podstawy hydrodynamiki nie mamy żadnych wątpliwości. Postęp dokonuje się tutaj drogą mrówczej pracy: przez rozwiązywanie rozmaitych problemów specjalnych, na mocy równań zasadniczych, w miarę jak na to pozwalają stopniowo doskonalące się metody matematyki.

W jeszcze znacznie wyższym stopniu akustyka tworzy całość mniej więcej wykończoną, w której nie ma już miejsca na epokowe odkrycia, a to samo stosuje się po części wogóle do teorii sprężystości, przynajmniej o ile ona polega na przyjęciu prawa Hooke'a o proporcjonalności odkształcenia do natężenia. Wprawdzie wiadomo także oddawna, że prawo to jest tylko przybliżenie ważne, a zwłaszcza że zjawiska opóźnienia sprężystości, tarcia wewnętrznego, powodują znaczne komplikacje, słowem że właściwości sprężystych ciał rzeczywistych znacznie się różnią od tych jakie prawo Hooke'a im przypisuje, ale badanie tych właściwości postępuje bardzo powoli.

Jest to przedmiot tak pod względem teoretycznym jak i doświadczalnym nadzwyczajnie trudny i zawiły, zwłaszcza że nie można się wcale spodziewać jakichś prostych rezultatów dla zwykłych materiałów stałych, o strukturze nieokreślonej, drobnokryształicznej, i właściwie trzeba by badania rozpocząć od sprężystości kryształów. Technicy, którzy z temi kwestyami wciąż się stykają, w tak ograniczonym zakresie i przy użyciu tak źle określonych materiałów eksperymentują, że wyniki ich badań zwykle nie posiadają wartości naukowej.

Jaskrawo ilustruje to fakt, że kwestya zdawałoby się zasadniczego znaczenia dla techniki, mianowicie od jakich warunków mechanicznych zależy złamanie ciała odkształconego, dotychczas zadowalającego opracowania nie znalazła<sup>1)</sup>. Fizycy zaś z nielicznymi wyjątkami (Voigt) przestali się zajmować temi mozolnymi i niewdzięcznymi badaniami, wobec tego że otworzyły się inne

<sup>1)</sup> Voigt i Januszkiewicz wykonali doświadczenia nad złamaniem kryształów soli kamiennej i kawałków parafiny, z których Voigt wnioskował, że złamanie nie zależy od wielkości napięcia maksymalnego, jak technicy zwykle przyjmują, lecz od różnicy największego i najmniejszego napięcia w danym punkcie. Nie wiadomo jednak jeszcze o ile ten wynik ma znaczenie prawa ogólnego. (Wiedem. Annalen 53 p. 43 (1894), 67. p. 452 (1899).



wdzięczniejsze pola pracy. Tutaj więc pozostają jeszcze wielkie zadania do rozwiązania w przyszłości.

Na tem miejscu wspomnieć należy o pewnym postępie w metodyce mechaniki, t. j. o prawie ogólnem przyjęciu rachunku wektorowego jako środka pomocniczego przy traktowaniu tych działów fizyki, w których występują wielkości kierunkowe (jak: prędkość, siła, przyspieszenie, w przeciwstawieniu do gęstości, energii, temperatury, i t. p.). Rachunek ten, zastępujący niezręczne narzędzie geometrii analitycznej przestrzennej, i ułatwiający znakomicie zrozumienie działań matematycznych zwykle we fizyce stosowanych, wprowadzie nietylko w mechanice okazuje się użytecznym, lecz równie wielkie, albo może jeszcze większe usługi oddaje w teorii elektryczności, ale mechanika jako umiejętność, od której w normalnym toku nauki rozpoczyna się poznawanie wielkości kierunkowych, najlepiej niewątpliwie nadaje się do wprowadzenia tego rachunku w użycie.

Używa jego n. p. Föppl w swym doskonałym podręczniku: *Lehrbuch d. technischen Mechanik*<sup>1)</sup>, tak samo Föppl i Abraham, Bucherer, Planck, Lorentz i inni w swych dziełach wyżej wspomnianych. Dowodem, jak dalece użycie tego rachunku, zawartego w zarodkach już w dziełach Grassmanna i Hamiltona, a w obecną formę ujętego przez Heaviside'a, w ostatnich latach się rozpowszechniło, jest ilość odpowiednich podręczników, które w ostatnich latach zostały wydane; ale zapotrzebowanie niewątpliwie jeszcze będzie dalej wzrastać, gdyż rachunek ten będzie coraz więcej wypierać dawną geometryę analityczną, a zapewne także z czasem przejdzie do nauki w szkołach średnich<sup>2)</sup>.

#### IV.

Przejdziemy do trzeciego wielkiego działu fizyki, do nauki o cieple. Na tem polu niewątpliwie panuje czynność znacznie

<sup>1)</sup> Teubner, w czterech tomikach: I.) Einführung i. d. Mechanik Mk. 10.—. II.) Graphische Statik Mk. 10.—. III.) Festigkeitslehre Mk. 10.—. IV.) Dynamik Mk. 12.—. Pierwszy i czwarty tom tworzą bardzo przystępnie i zajmująco pisany zarys mechaniki analitycznej, trzeci tom daje zarys teorii sprężystości, drugi tom zawiera metody graficzne, w technice stosowane.

<sup>2)</sup> Gans, Einführung in d. Vectoranalysis mit Anwendungen auf Physik, Teubner (1905) Mk. 2·80—; Bucherer, Elemente d. Vectoranalysis mit Beispielen aus d. Physik, Teubner (1903) Mk. 2·40 —; Jahnke, Vorlesungen über Vektorenrechnung Teubner (1905) Mk. 5·60 —; Laub „Krótki zarys analizy wektorów“ w Wiadomościach matemat. IX. (1905) [Warszawa, rb. 3.— rocznie].

żywsza niż w mechanice, ale także tutaj postęp polega raczej na wykonaniu szczegółów i stopniowem wydoskonaleniu metod eksperymentalnych, niż na pojawieniu się nowych idei otwierających niespodziewane widnokreśli, jak to miało miejsce w elektronice.

Rozszerzył się obręb temperatur dla nas dostępnych i wydoskonalono metody ich mierzenia. Szczęśliwy pomysł Hampsona i Lindego: zużytkowania oziębienia, które według doświadczeń Joule-Kelvina występuje przy ~~statecznym~~ <sup>niestatecznym</sup> przepływie powietrza z wyższego ku niższemu ciśnieniu, i nagromadzenia tego efektu zapomocą regeneratora aż do skroplenia powietrza, uprzystępniało w nadzwyczajny sposób owe niskie temperatury<sup>1)</sup>.

Wodór w zwykłej temperaturze zachowuje się przeciwnie jak powietrze t. j. ogrzewa się przy tego rodzaju rozprężeniu, ale poniżej t. zw. temperatury inwersyj, która u wodoru wynosi  $-80^{\circ}$ , okazuje podobne właściwości jak powietrze; można go zatem odtąd dalej oziębiać, aż do skroplenia, zapomocą przetłaczania przez przyrząd Hampsona. Olszewski nadał w tym celu owemu przyrządowi bardzo odpowiednią formę, tak że zapomocą tego, stosunkowo niekosztownego aparatu, o skromnych rozmiarach, można w przeciągu kilkunastu minut otrzymać wodór w stanie ciekłym (temperatura  $-252.5^{\circ}$ ) a to jest doświadczenie, które jeszcze w roku 1898 przez Dewara z ogromnym nakładem materialnym dokonane, wielkiego rozgłosu nabyło w świecie naukowym. Wszystkie inne gazy łatwiej dają się skroplić, z wyjątkiem helu<sup>2)</sup>, którego Olszewski nie zdołał otrzymać w stanie ciekłym, mimo że doszedł aż do  $-271^{\circ}$ , to jest dwóch stopni powyżej bezwzględnego zera, a Olszewski nawet powątpiewa<sup>3)</sup>, czy skro-

<sup>1)</sup> Popularna broszurka o skropleniu powietrza: Nowicz u. Mayer, Flüssige Luft, 50 str., M. Ostrau, Papauschek 2 Aufl. (1906) K. 1.60; obszerniejsze jest dziełko: Kausch, Herstellung, Verwendung von flüssig. Luft, Weimar (1905) 224 str. Mk. 4.60; wyczerpujące zestawienie obecnych naszych wiadomości o skropleniu gazów znajduje się w świetnym dziele: Travers-Estreicher, Experimentelle Untersuchungen von Gasen, Vieweg 1905, Mk. 9.—

<sup>2)</sup> Gaz jednoatomowy, o ciężarze atomowym 4, odkryty w r. 1895 przez Ramsaya w gazach zawartych w niektórych rzadkich minerałach (Cleveit, Samarskit, Bröggerit, Fergusonit), a według nowszych badań zawarty też, choć w nadzwyczaj drobnych ilościach (jednomilionowa część), w powietrzu. Posiada widmo bardzo charakterystyczne, zwłaszcza linię żółtą, która już w r. 1868 przez Lockyera we widmie słonecznym była obserwowana, i tak obecność nowego pierwiastka na słońcu zdradziła.

<sup>3)</sup> Hel został skroplony przez <sup>prof.</sup> Kamerlingh-Onnes'a w Leyden w r.

plenie helu kiedykolwiek się uda. Z tej też przyczyny termometry napełnione helem, jako gazem najdoskonalszym, najlepiej się nadają do mierzenia niskich temperatur.

W dziale wysokich temperatur również termometrya znacznych dokonała postępów. Do niedawna różni autorowie podawali temperatury w obrębie  $1035^{\circ}$  do  $1092^{\circ}$  jako punkt topliwości złota, co ilustruje niepewność dotychczasowych metod mierzenia takich temperatur. W ostatnich latach zaś oznaczono ten punkt ( $1063.5^{\circ}$ ), jako też punkty topliwości różnych innych metali, z wielką dokładnością zapomocą mozolnych badań (w Physikalisches. Techn. Reichsanstalt), polegających na użyciu specjalnego rodzaju termometrów gazowych. Obecnie zatem tych punktów wytycznych możemy używać do konstrukcji podziałki dla termometrów oporowych lub ogniów termoelektrycznych, jakie różne firmy we formie dla praktyki dogodnej wytwarzają, i tak możemy mierzyć bez żadnych trudności temperatury do  $1000^{\circ}$  z dokładnością ułamka jednego procentu, a z niewiele mniejszą dokładnością temperatury dosięgające punktu topliwości platyny:  $1710^{\circ}$  (Harker). Poznanie dokładne praw promieniowania otwiera nam nawet drogę do mierzenia temperatur jeszcze bez porównań wyższych.

Wydoskonalili się tym sposobem znakomicie nasze narzędzia służące do poznawania zjawisk termicznych, ale inną jest kwestya, o ile istotnie w poznawaniu tych zjawisk postąpiliśmy, i o ile poszliśmy naprzód w zrozumieniu praw nimi rządzących. Pod pierwszym względem niewątpliwie postęp jest znaczny. Wzrasta z roku na rok materiał nagromadzony przez eksperymentalistów; własności termodynamiczne gazów i cieczy, pomiary związane ze zmianą stanu skupienia, z prężnością pary, ciepłem właściwym, przewodnictwem cieplnym i t. p. tworzą dla nich niewyczerpane i wdzięczne pole pracy.

Nie można jednak twierdzić, aby również owocnemi się okazały wysiłki teoretyków do zrozumienia tych zjawisk. Tak n. p. nie powiodły się dotychczas rozpaczliwe ich, wciąż ponawiane próby ujęcia olbrzymiego materiału, odnoszącego się do równania charakterystycznego „Zustandsgleichung”, równanie łączące objętość z temperaturą i ciśnieniem we wzór racjonalny. Wiemy aż nadto dobrze, że wzór V. d. Waal'sa jest nieściśły, wiemy że zasada stanów odpowiednich nieco więcej do prawdy jest zbliżona,



potrafimy oczywiście skonstruować wzory empiryczne z większą ilością współczynników, dość dokładne dla każdej danej substancji, ale wzoru pod każdym względem lepszego niż V. d. Waal'sa, t. j. dokładnego i racjonalnego, dotychczas nie znaleziono.

Trzeba atoli zaznaczyć stanowczy postęp, w kierunku nie tylko doświadczalnym ale też teoretycznym, na polu pokrewnych zjawisk odbywających się w mieszaninach cieczy i także w znajomości stałego stanu skupienia i praw topliwości (prace Tamman'a).

Dwie wielkie idee, które zrodziły się na polu nauki o cieple i które służyły nam jako przewodniki w zrozumieniu jej zjawisk, a z czasem nawet całokształt fizyki objęły, mianowicie system termodynamiczny i teoria kinetyczna, nie doznały w ostatnim czasie znaczniejszego przeobrażenia lub wykształcenia. Teoria kinetyczna<sup>1)</sup> ma dalej idące dążenia, bo usiłuje głębiej wniknąć w istotę rzeczy i zdać sprawę nie tylko z ogólnych praw rządzących materią, ale nawet także z liczbowych współczynników różnych ciał (współczynniki lepkości, przewodnictwa gazów, stosunek ich ciepła właściwego i t. p.), podczas gdy termodynamika je przyjmuje jako empirycznie dane.

Lecz teoria ta, po nadzwyczajnym rozkwicie w rękach Maxwella, ugrzęzła częściowo w trudnościach matematycznych — mianowicie o ile chodzi o konsekwentne przeprowadzenie różnych hipotez co do działania sił molekularnych, a zwłaszcza o objęcie właściwości gazów zgęszczonych i cieczy — częściowo zaś w nadzwyczaj zawikłych i logicznymi trudnościami najeżonych dociekaniach nad ścisłością podstawowego prawa Maxwell-Boltzmann'a o rozdziale energii kinetycznej w systemach mechanicznych.

Był nawet czas, kiedy zdawało się, że pewien odłam uczonych, ubóstwiających metodę termodynamiczną, a tem silniej zwalczających metodę kinetyczną, t. zw. energetycy, z Ostwaldem na czele, zdołają zupełnie wytępić z nauki nawet podstawowe pojęcia teorii kinetycznej: drobin i atomów, a na ich miejscu zostawić tylko rozmaite rodzaje energii.

Tymczasem teoria kinetyczna na nowo odżyła w dziedzinie elektryczności, gdzie wzbogacona pojęciami elektroniki, taką ży-

<sup>1)</sup> Zajmujący, popularnie napisany zarys mechanicznej teorii światła, ciepła i teorii elektronów, wraz z wykładem wstępnych wiadomości mechaniki podaje: Lorentz-Tołkoczko: *Poglądy i teorie fizyki współczesnej*, Warszawa, Wende, (1904) 288 str.

wotność i płodność okazała, i tak dalece swe podstawowe założenia umocniła, że dzisiaj większem uznaniem się cieszy niż kiedykolwiek. Lecz o tych działach teorii elektryczności już mówiliśmy (str. 9).

W obrębie dawnych problemów<sup>1)</sup> zaś należy zaznaczyć oprócz różnych drobniejszych przyczynków wciąż jeszcze toczącą się dyskusję nad prawem Maxwell-Boltzmanna (Burbury, Jeans, Rayleigh i inni), a zwłaszcza Jeans'a próbę pogodzenia tego prawa z teorią promieniowania. Nie zdaje się, żeby Jeans'a badania tę kwestię już całkowicie wyjaśniały, ale w każdym razie musimy je uznać jako śmiałą próbę rozwiązania problemu do-  
tychczas starannie omijanego.

Obecnie przeważa tendencja pojednawcza między uczonymi obu kierunków (termodynamicznego i kinetycznego): panuje przekonanie, że trudności które nastroczą pogodzenie teorii kinetycznej z drugą zasadą termodynamiki, mogą być zupełnie usunięte, jeżeli tej zasadzie nie przypisujemy bezwzględnej matematycznej ścisłości, lecz ją pojmujemy, jak w pewnym sensie wszystkie prawa fizyki pojmować należy: jako regułę prawdopodobieństwa, ważną w praktyce z ogromnem przybliżeniem. Jest to jednak raczej logiczne ograniczenie zasad termodynamiki, o znaczeniu więcej teoretycznem niż praktycznem, gdyż żadnej dotychczas nie mamy wątpliwości o prawdziwości tych zasad, w praktycznem znaczeniu tego słowa. Przeciwnie, zasada energii i zasada Carnota należą do najpewniej ustalonych praw fizycznych, któremi cała fizyka obecna na wskroś przesiąknięta.

Jeżeli im w ostatnich czasach jakiś zarzut czyniono, to tylko że płodność ich pozornie się wyczerpała, że — przynajmniej we właściwej fizyce od długiego czasu żadnego ważniejszego odkrycia nie spowodowały.

Tymczasem niespodzianie pojęcie entropji żywotność swą okazało w teorii promieniowania (badania Wiena, Planka patrz str. 20.) i tak nawet zjawisko pozornie nieodwracalne dało się podciągnąć pod schemat zasady Carnota.

<sup>1)</sup> Krótki zarys teorii kinetycznej gazów i cieczy z uwzględnieniem niektórych nowszych postępów daje: Jäger, Die Fortschritte d. kinetischen Gastheorie, Vieweg (1906) Mk. 3-50. Zob. także Smoluchowski „O nowszych postępach na polu teorii kinetycznych materii“, Prace mat. fiz. (Warszawa) XII. (1901) str. 112—135.

## V.

Najwdzięczniejszem jednak i długo jeszcze niewyczerpanem polem zastosowania tych metod termodynamicznych okazała się chemia. Już w roku 1858 Kirchhoff pierwszy przekroczył granicę zjawisk dawniej nazwą fizycznych objętych, gdy metodę termodynamiki zastosował do roztworów.

To był izolowany fakt, ale od przeszło dwóch dziesiętek lat cały szereg badaczy coraz śmielej, z coraz rosnącym rozmachem zaczęli wkraczać w dziedzinę właściwej chemii, przekonawszy się że stany równowagi chemicznej tym samym prawom podlegają co fizyczne stany równowagi termodynamicznej, jakie nam znane są n. p. w zjawiskach stanu skupienia<sup>1)</sup>, jednym słowem, że na tem polu nie ma żadnej różnicy między fizyką a chemią. Zjawiska roztworów, dysocjacji, aliazów, modyfikacji alotropicznych, polimorfizmu i w ogóle wszystkie odwracalne reakcje chemiczne ujęte zostały w schemat termodynamiki, a z tych części chemii w ten sposób zdobytych przez fizykę utworzono nowy dział, pod nazwą chemii fizycznej. Z dnia na dzień rośnie obszar, gdzie chaotyczny materiał empiryczny, nagromadzony przez chemię, porządkuje się w racjonalną systematyczną całość; zwłaszcza że w tem za przykładem termodynamiki poszła także elektryczność, rodząc teorię dysocjacji elektrolitycznej, która obecnie dyktuje prawa w całej dziedzinie elektrochemii<sup>2)</sup> i która nowe światło rzuciła na rozległe dziedziny chemii właściwej.

Niepodobna podać tu choćby najpobieżniejszego zarysu postępów w ostatnich kilkunastu latach dokonanych przez całą falangę badaczy tej nowej dziedziny. Muszę się ograniczyć na wskazaniu broszurki Vant'Hoffa<sup>3)</sup>, w której autor, jedna z pierwszych powag na tem polu, przedstawia kilka wytycznych zasad tej nauki w przystępnej formie, objaśniając je równocześnie wskazówkami na doniosłe zdobycze jej na polu metalurgii i na klasyczne

<sup>1)</sup> Tak n. p. rozkładanie się wapna przez palenie na tlenek wapna i kwas węglowy jest zupełnie analogiczne do zjawiska parowania cieczy, i ten sam wzór (Clapeyrona), który w tym razie określa wielkość t. zw. utajonego ciepła parowania, może w owym wypadku posłużyć do obliczenia ciepła zużytego na rozkład wapna (ciepło dysocjacji).

<sup>2)</sup> Treściwe podręczniki elektrochemii: Lüpke, Berlin, Springer (1899) Le Blanc, Leipzig Leiner (1903) 284 str. Mk 7, —; Arrhenius, Leipzig (1901) 305 str. Mk. 8.75.

<sup>3)</sup> Van't Hoff: Acht Vorträge über physikalische Chemie, Vieweg. 1902.



badania soli Stasfurckich. Zresztą literatura podręcznikowa tego działu tak wzrosła obecnie, że trudno uzasadnić jakiś wybór specjalny <sup>1)</sup>).

Nieco dłużej jednak wypadnie nam zatrzymać się nad rozkwitem pewnego działu chemii fizycznej, ściśle związanego z fizyką a szczególnie z elektroniką, najmłodszego z wszystkich, bo właśnie dopiero 10 lat istniejącego, który jednak już wydał wyniki o zasadniczym znaczeniu dla całej chemii i fizyki: działu promieniotwórczości <sup>2)</sup>.

Początkowo, po odkryciu promieni uranowych przez Bequerela 1896 i pierwszych badaniach Państwa Curie, uważano promieniotwórczość za zupełnie wyjątkową właściwość, ograniczoną do kilku substancji napotykanych w rudach uranowych. Obecnie wiemy, że oprócz zasadniczych pierwiastków, uranu, radu, toru i aktynu, istnieje jeszcze cały szereg innych substancji promieniotwórczych, które tak samo jak tamte na nazwę pierwiastków chemicznych zasługują; wiemy obecnie że owe ciała są ogromnie rozpowszechnione w naturze; że nie tylko drobne ilości radu i jego emanacji w prawie wszystkich źródłach mineralnych (Gastein Karlsbad, Szczawnica itd.) napotykamy, ale ślady jego znajdujemy, niemal wszędzie w ziemi i we wolnej atmosferze ziemskiej <sup>3)</sup>. Co prawda, że tu zwykle chodzi o takie małe ilości, które wykazać się nie dają żadnymi chemicznymi ani spektroskopijnymi metodami, tylko jedynie metodą elektryczną. Metoda ta, polegająca na mierzeniu, o ile powietrze — w normalnym stanie idealny izolator — pod ich wpływem nabywa zdolności przewodzenia elektryczności,

<sup>1)</sup> Wymienimy tylko kilka nowszych podręczników: Van't Hoff, Vorlesungen ü. theoret. u. physik. Chemie, Vieweg (1898—1900) 3 vol. Mk. 14 —; B. Roozeboom, Die heterog. Gleichgewichte, Vieweg (1901—1904) 2 vol. Mk. 18. —; Jüptner, Vorlesungen ü. physik. Chemie, Leipzig (1904) Mk. 8.

<sup>2)</sup> Treściwy pogląd na prace podstawowe daje dysertacja doktorska Pni Curie-Skłodowskiej, przetłumaczona na polskie pod tytułem: Badanie ciał radioaktywnych Warszawa 1904. Nowszy rozwój tej dziedziny przedstawia w bardzo zajmujący sposób: Soddy, Die Radioactivität, Leipzig (1904) Mk. 6·40. Wyczerpującym podręcznikiem jest: Rutherford, Radioactivity, Cambridge (1905) Mk. 12·50. Liczne artykuły o nowszych postępach w: Jahrbuch f. Radioactivit. u. Elektr. cyt. str. 7.

<sup>3)</sup> Co więcej, zdaje się rzeczą udowodnioną, że nawet zwykłe metale i inne ciała w pewnym, nadzwyczaj słabym stopniu posiadają zdolność promieniotwórczą (patrz referat Campbella w Zeitschr. f. Radioact. u. Elektr. II. (1905) p. 434.)

tak została wydoskonalona prze użycie nadzwyczaj czułych elektroskopów i elektrometrów, że z łatwością mogłaby wykazać tworzenie się jednego ionu na  $1 \text{ cm}^3$  powietrza co sekundę, do czego wystarczyłaby obecność jednej bilionowej części gramu radu na kilkadziesiąt litrów powietrza.

Początkowo upatrywano we właściwościach promieni Becquerela największe podobieństwo do promieni Röntgena, a zwłaszcza w tem że tak samo przenikają blaszki metalowe, że działają na płytę fotograficzną i wzbudzają zdolność przewodnictwa w gazie otaczającym (tj. „jonizują go“). Obecnie zaś wiemy, że promienie te są zjawiskiem złożonem z trzech części, które rozdzielić się dają łatwo dzięki różnicom w zdolności przenikania. Najmniej przenikliwe części, t. zw. promienie  $\alpha$ , które już przez nadzwyczaj cienkie ( $0.01 \text{ mm}$ ) blaszki aluminiowe lub kartkę papieru są wstrzymane, odpowiadają promieniom anodowym, więc składają się z cząstek dodatnią elektrycznością nabitých. Promienie  $\beta$ , przenikające warstwy glinu grubości  $1 \text{ mm}$ ., są szybkimi promieniami katodowymi (ujemnymi, patrz str. 12.), podczas gdy promienie  $\gamma$ , najwięcej przenikliwe promienie jakie znamy, przechodzące przez warstwy ołowiu kilku centymetrów grubości, są prawdopodobnie istotnymi promieniami Röntgena, bardzo „twardymi“ (patrz str. 18.) Te trzy rodzaje promieni zachowują się też różnie w polu magnetycznem lub elektrycznem; promienie  $\gamma$  nie doznają żadnego odchylenia; podczas gdy promienie  $\alpha$  i  $\beta$  z powodu swych ładunków elektrycznych w przeciwnych kierunkach się odchylają.

Najwięcej zagadkową wydała się z początku kwestya, skąd się czerpie energia promieniowania, gdyż się zdawało, według obserwacji nad uranem, że promieniowanie trwa wciąż bez żadnej zmiany, a więc że mamy tu do czynienia z niewyczerpanem źródłem energii. A jako miara obfitości tego źródła może posłużyć obserwacja, że  $1 \text{ gr.}$  chlorku radu wydaje na godzinę  $100$  kalory ciepła, wskutek czego substancja ta zawsze jest nieco cieplejsza od otoczenia. Później zauważono jednak, że w promieniowaniu pewnych substancji świeżo wytworzonych występują z czasem wyraźne zmiany w składzie i natężeniu promieni, a równocześnie odkryto (Rutherford) wytwarzanie się nowego rodzaju substancji promieniotwórczej, substancji gazowej, t. zw. emanacji. Dokładne zbadanie tych zjawisk zniewoliło Rutherforda i Soddy'ego do przy-

puszczenia, że cząstki stanowiące promienie  $\alpha$  i  $\beta$  pochodzą z rozpadania się atomów substancji promieniotwórczej, oraz że energia promieniowania pochodzi z wewnętrznej energii potencjalnej tego układu elektronów, który nazywamy atomem. Ten zapas energii wyczerpuje się zatem przez promieniowanie, i całe zjawisko musi ustać, gdy dojdzie do końca rozkładanie się atomów na pewne trwałe składniki, rozkładanie się, które postępuje w każdej substancji z inną, ściśle określoną prędkością <sup>1)</sup>.

Że zaś bezpośrednimi metodami (ważeniem) nie można spostrzec ubytku substancji promieniotwórczej, tłumaczy się tem, że przemiany te postępują bardzo powoli; tak obliczono n. p. że w ciągu całego roku tylko jedna stumilionowa część uranu się rozkłada. Podczas tego rozkładu wyrzucane są cząstki  $\alpha$ , a pozostaje substancja nazwana Uranium X, krótko żyjąca, która przy dalszym swym rozkładzie wytwarza promienie  $\beta$ . Dalsze stąd przemiany jeszcze nie są dokładnie znane, ale prawdopodobnie ostatecznym ich produktem jest rad. Rozkład radu łatwiej da się obserwować, gdyż pozostałość (po oddzieleniu się cząstki  $\alpha$ ), jak wspominaliśmy jest gazem, t. zw. emanacją radu. W kolejno po sobie następujących produktach rozkładu tej emanacji <sup>2)</sup> zdołano dotychczas rozpoznać sześć różnych substancji promieniotwórczych, z pomiędzy których jedna zapewne jest identyczna z polonem, odkrytem przez PP. Curie w rudzie uranowej. Osiadają one na ścianach naczynia zawierającego emanację, a promienie ( $\alpha$  i  $\beta$ ) przez nie wysyłane są tem, co początkowo uważano za promieniotwórczość wzbudzoną (~~inducirte~~ ~~Radioactivität~~) przez rad w swem otoczeniu.

Jakkolwiek ta teoria Rutherforda o rozkładzie atomów już olbrzymim materiałem dowodowym została poparta, możnaby jej przecież zarzucić, że dowody te polegają na użyciu jednej tylko metody pośredniej, t. j. owej nowo wypracowanej metody elektrycznej. Wszelkim wątpliwościom jednak koniec położyło odkrycie, udowodnione bezpośrednią obserwacją widmową, że z „pierwiastka” radu wytwarza się inny „pierwiastek”: hel.

<sup>1)</sup> Według prawa  $n = n_0 e^{-\lambda t}$ . Czas potrzebny do rozkładu połowy wszystkich atomów danej substancji wynosi n. p. dla radu 1300 lat, dla emanacji radowej 3·8 dni, dla emanacji torowej 53 sekund i t. p. Według tej szybkości zanikania radioaktywności można w danym razie odwrotnie osądzić z jaką substancją mamy do czynienia.

<sup>2)</sup> Nazwane Radium A, Radium B itd.



Prawdopodobnie właśnie owe cząstki  $\alpha$ , wydzielające się z atomów radu i jego emanacji, występują (po zobojętnieniu swych ładunków elektrycznych) jako atomy helu; na pewno tego jeszcze nie wiemy, ale w każdym razie musimy jako pewnik uznać fakt, który został stwierdzony przez pierwszorzędných badaczy chemików, (Sir W. Ramsay i Soddy 1903, Curie i Dewar, Himstedt i Meyer, Debiere), mianowicie: że z emanacji radu lub ~~aktywnu~~ *aktywnu* zamkniętego do szczelnie zalutowanego naczynia, w czasie kilku tygodni wytworzył się hel, rozpoznawalny swem widmem charakterystycznym, które już dawno znane było we widmie słońca, zanim odkryto hel ziemski, i które jest pewniejszą cechą niż jakiegokolwiek „reagens“ chemiczne.

Nasuwa się tu myśl, czy taka zmienność, choć bezporównania powolniejsza, nie jest może ogólną właściwością wszystkich pierwiastków chemicznych, czego dowodziłyby ślady promieniotwórczości, jakie miano wykryć u zwykłych metali, ale nie będziemy dalej snuć tych spekulacji. Wystarczy przytoczenie owych suchych faktów i wystarczy wypowiedzenie słowa „ewolucja materii“ <sup>1)</sup> ażeby nam dać odczuć ogrom perspektywy otwierającej się tu na całą dziedzinę chemii, na dzieje ziemi, wszechświata, ażeby nas przekonać, że nauka opuściła w ostatnich latach tor rutyną kilkusetletnią utarty i nową drogą ku nieprzewidzianym dziedzinom postępuje.

## VI.

Zastanawiając się nad powyżej skreślonym rozwojem fizyki każdy przyznać musi, że twórcy teorii elektronów wybudowali wspaniałą gmach, który łączy w jedną całość wszystko co dotychczasowe teorie posiadały rzeczywiście wartościowego, a obejmuje jeszcze całe dziedziny nowych zjawisk, któreby inaczej były zupełnie niezrozumiałe. Kto się jednak wychował w zakresie pojęć tradycją utartych, może będzie ubolewać, że zburzono równocześnie tyle z dawnych uświęconych teorii, do których tak przywykliśmy, i sceptyczne mu się nasuną refleksje o zmienności zapatrywań i o marności naszych spekulacji naukowych. Chyba takie doświadczenia nie dają nam nadziei, żebyśmy kiedykolwiek mogli dojść do trwałego światopoglądu! Czyż w obec tego dąże-

<sup>1)</sup> Tytuł wykładu Soddy'ego; po niemiecku: Soddy, „Die Entwicklung der Materie“ Leipzig 1904, Mk. 1'80.

nie nauki nie jest gonienie za fatamorganą, której nigdy nie osiągniemy?

Istotnie, przewrót taki, jaki obecnie przeżyliśmy (i jaki w mniejszych rozmiarach już często się powtarzał), musiałby każdy uważać za ubolewania godną rewolucję, kto zadanie teorii fizycznych upatruje w wykryciu wewnętrznego mechanizmu natury, w wykryciu prawdziwej istoty tego co nazywamy światem zewnętrznym, i kto uwierzył, że dotychczasowa fizyka wykryła tę istotę zjawisk natury.

Ale także pod tym względem, t. j. co do poglądu naszego na znaczenie samej pracy naukowej, nastąpiła zmiana, zwłaszcza dzięki krytycznym badaniom Kirchhoffa, Macha, Boltzmann, Poincarégo i innych<sup>1)</sup>. Obecnie przeważna część uczonych porzuciła owe górnoletne aspiracje. Staliśmy się skromniejsi w ocenianiu doniosłości naszych badań naukowych, nie zapuszczamy się w odgadywanie tajemnic zapewne wogóle nie rozwiązalnych. Pamiętając o zaszczytnym mianie nauk ścisłych, zdajemy sobie zupełnie trzeźwo sprawę z tego co wiemy a czego nie wiemy, i tylko do tego dążymy, aby fizyka podała nam jak najlepszy model świata zewnętrznego — to jest „maszyneryę“ (złożoną z rozmaitych elementów, czy mechanicznych, czy n. p. elektrycznych, i z łączących je „praw fizycznych“), która nie potrzebuje bynajmniej posiadać takiej konstrukcji jak to, co rzeczywiście jest, ale któraby nam dawała wyniki ile możliwości takie same jak zewnętrzny świat rzeczywisty, i tym sposobem pozwalala nam przewidywać jego zjawiska. Podobnie, budując maszynę do rachowania nie żądamy, żeby ona miała taką konstrukcję jak nasza mózgowica, ale tylko ażeby rezultaty przez nią podane się zgadzały z obliczeniem przez nasz mózg wykonanem.

A tem większa będzie wartość danej teorii fizycznej, czem 1) dokładniej wyniki jej się zgadzają z doświadczeniem i 2) czem większy jest zakres jej działania, tj. czem więcej zjawisk przez fizykę poznanych, albo nawet jeszcze nie odkrytych, ona obejmuje i ostatecznie 3) czem prostszą i zrozumialszą jest ta teoria.

<sup>1)</sup> Oprócz dzieła Macha (cyt. str. 24) i rozpraw Boltzmann (umieszczonych w książce: Boltzmann, Populäre Schriften, Barth, (1905) 440 str. Mk. 9.—) przedewszystkiem polecamy gorąco dwa dziełka Poincaré'go: *Wissenschaft u. Hypothese*, Teubner (1906), 346 str. Mk. 4'80; *D. Wert d. Wissenschaft*, Teubner (1906) 252 str. Mk. 3'60.

Odstąpienie tajemnic wszechświata było ideałem bardzo poetycznym, w obec którego zadanie nauki powyżej określone może się wydawać skromnem, ale w rzeczywistości posiada ono większą wartość, jako cel racjonalny, dający się osiągnąć. Z tego punktu widzenia upadek teorii emisyjnej światła Newtona i zwycięstwo undulacyjnej teorii Fresnela, upadek tejże i zwycięstwo teorii elektromagnetycznej, tak samo jak upadek teorii elektrycznych Webera i zwycięstwo teorii Maxwella i t. d. nie przedstawiają się jako kataklizmy, lecz jako etapy w stale postępującej — a obecnie coraz szybciej pospieszającej — ewolucji nauki. A czem dalej tą drogą doskonalenia i uogólniania teorii postępujemy, tem lepiej potrafimy naszym umysłem objąć przeszłość i tem dalej i dokładniej umiemy przewidzieć przyszłość, a to są zadania, których umysł nasz pożąda i których praktyka życiowa wymaga.

Kto chce, może zresztą wierzyć w obiektywną realność świata wymyślonego przez naukę obecną, może go to nawet pobudzić do śmielszego postępowania drogą nowych odkryć, ale niech się wystrzeżga zbytniego konserwatyzmu i zbytniego zamykania do raz przyjętego kółka myśli, gdyby kiedyś fakty sprzeczne lub jakaś inna lepsza teoria miały się zjawić.

Musimy się ograniczyć na tych kilku uwagach co do kwestji poruszonych w ostatnim oddziale, gdyż nie należą one, ściśle biorąc, do właściwej fizyki, lecz — sit venia verbo — do filozofii fizyki, t.j. części ogólnej teorii poznania.

Chciałbym jednak przy końcu, choć pobieżnie poruszyć jeszcze stronę czysto dydaktyczną naszego przedmiotu, a mianowicie chciałbym uwagę zwrócić na kilka dzieł, które charakteryzują postęp w metodach nauczania fizyki w szkołach średnich.

Z jednej strony wymienić tu należy Höfler'a „Physik“<sup>1)</sup>, która posłużyć może jako wzór, jak tradycyjne sposoby nauki fizyki w szkołach średnich pogłębić należy w kierunku logiczno-spekulatywnym, ażeby ucznia nakłonić nie do bezmyślnego wchłaniania materiału podanego, lecz do samodzielności w myśleniu indukcyjnem i ścisłości w analizie logicznej. Tak pojmowana na-

<sup>1)</sup> Vieweg (1904) 986 str. Mk. 16 —; równocześnie wydano skrócenie jako podręcznik dla uczniów wyższych gimnaz. itp. pod tytułem: Höfler Naturlehre, Gerold 407 str. K. 5 —, i jeszcze więcej skrócony wyciąg jako: Höfler Repetitorium d. Physik, Vieweg 203 str. Mk. 3,50.



uka istotnie służyć może jako szkoła myślenia, a z pewnością nie utrudnia przedmiotu lecz ułatwia go, umożliwiając jego głębsze zrozumienie i wlewając zapał do samodzielnego rozumowania.

Byłby to jednak jednostronny kierunek postępu metodyki, gdyby go nie połączono z kierunkiem eksperymentalnym, charakteryzowanym przez dzieła jak Schreber-Springmann, Noack, Hahn, Müller <sup>1)</sup>.

Wzrasta wciąż opozycja przeciwko nauczaniu „książkowemu” i utrwała się żądanie reformy w tym kierunku, ażeby uczeń się przekonał, że naturalną drogą poznawania świata nie jest jedynie wykład nauczyciela lub papier drukowany, tylko bezpośrednia obserwacja natury. Tego zaś uczeń nigdy nie zrozumie, dopóki sam doświadczeń nie będzie wykonywał, a pokazywanie doświadczeń w klasie jest tylko bardzo niedostatecznym pośrednikiem. Uznając tę konieczność w Anglii i Ameryce oddawna zaprowadzono we wszystkich niemal szkołach pracownie fizyczno-chemiczne dla uczniów, w których przeważna część nauki się odbywa, a także na kontynencie europejskim, zwłaszcza w Niemczech, szybko wzrasta liczba szkół w ten sposób wyposażonych.

Symptomem tego ruchu są dziełka powyższe; kto je do ręki weźmie, zadziwi się jak prostymi przeważnie środkami wykonać można najróżniejsze, bardzo pouczające doświadczenia z wszystkich dziedzin fizyki, a kto choćby w bardzo ograniczonych rozmiarach (n. p. jako nagroda dla lepszych uczniów) takie ćwiczenia zaprowadzi z pewnością wynagrodzonym zostanie powiększoną gorliwością i zamiłowaniem uczniów w przedmiocie.

Uwzględnienie tego kierunku eksperymentalnego w połączeniu z wydoskonaleniem logicznym według Höflera stanowi istotny postęp w metodyce nauczania; co do treści jednak i tutaj występuje nieco wada wspólna większej części podręczników szkolnych: że są zbyt konserwatywne. Kto nie chce się poddać zarzutowi zacofania, musi je koniecznie uzupełniać uwzględnieniem najnowszego rozwoju nauki. W szkicu powyższym oczywiście można

<sup>1)</sup> Schreber-Springmann: Experimentirende Physik, Barth (1906), 2. vol. Mk. 13-20; Noack: Aufgaben f. physik. Schülerübungen, Berlin Springer (1905), 170 str., Mk. 3— Hahn: Physik. Freihandversuche, Berlin Salle (1905), Mk. 3-75; Hahn, Wie sind physik. Schülerübungen praktisch zu gestalten? 67 str. Berlin, Springer (1903); Mk. 2. —: F. Müller: Technik d. physik. Unterrichts, Berlin Salle (1906), 370 str., Mk. 6.

było tylko zaznaczyć wytyczne kierunki tego rozwoju, ale zwracam specjalnie uwagę czytelników na materiał bibliograficzny poruszony w dopiskach, oraz pozwolę sobie wskazać na Riecke's Lehrb. d. Physik <sup>1)</sup> jako przykład podręcznika skromnych rozmiarów, który także na nowsze postępy naukowe kładzie należyty nacisk, oraz na dwa wspaniałe, obecnie wychodzące dzieła zbiorowe, które objąć mają całokształt naszych wiadomości w dziedzinie fizyki i już w obecnej formie nieocenione przysługi oddają przy pracy na tem polu, a mianowicie w kierunku więcej doświadczalnym: Winkelmann Handbuch d. Physik (w sześciu tomach, Barth) a w kierunku teoretycznym: tom IV. (mechanika) i tom V. (fizyka) dzieła Encyclopädie d. mathem. Wissenschaften, wydawanego przez Teubnera w Lipsku.

---

<sup>1)</sup> Leipzig, Veit (1906), 2 vol Mk. 20.—.









